



Universitat Politècnica de Catalunya
Màster Universitari en Gestió i Valoració Urbana
Línea en Gestió i Valoració Urbana y Arquitectónica

TRANSPORTE PÚBLICO SOSTENIBLE EN LIMA

UNA APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO ENTRE LOS SISTEMAS BRT Y LRT

Tesis de Máster

Directora:

Mg. Arq. Blanca Esmaragda Arellano Ramos

Alumno:

Arq. Aarón Jara Alata

Correo Electrónico:

ajaralata@gmail.com

Barcelona, Octubre del 2016

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia por su gran apoyo durante todo el tiempo que estuve en Barcelona, a mi tutora por su paciencia y tiempo brindado en resolver algunas dudas y a Claudia por su aliento constante.

RESUMEN

A mediados de los años sesenta, la ciudad de Lima, al igual que muchas ciudades del mundo, tuvo un crecimiento acelerado y disperso debido a la migración a gran escala que se asentó mayoritariamente en las áreas periféricas de la ciudad.

Debido a la creciente demanda de usuarios y la escasa oferta de vehículos de transporte público, diversas medidas políticas adoptadas a inicios de los años noventa originaron una sobreoferta de vehículos de servicio público con escasa regulación por parte del gobierno local en su funcionamiento y aunado a un régimen de ganancia económica que apela directamente a los usuarios que suben en ellos, conllevó a un mal servicio de transporte público en la ciudad que se generalizó en las avenidas de la ciudad, conllevando al aumento de la contaminación ambiental y los tiempos de viaje debido al tráfico generado.

El sistema Bus de Tránsito Rápido (Bus Rapid Transit en Inglés o BRT por sus siglas en inglés), más conocido en Lima como el Metropolitano, es un bus de transporte público que fue puesto en marcha en el año 2010 como alternativa al transporte tradicional y caótico de la ciudad. El sistema actualmente transporta en su ruta troncal alrededor de 133 millones de usuarios al año y se desplaza a lo largo de 12 distritos, conectando la zona sur y norte de la Lima. A seis años de su inauguración, los resultados no han sido del todo favorables debido a la aglomeración de usuarios producto de la alta demanda que se sitúa principalmente en estaciones periféricas durante hora punta que se ubican principalmente en la Zona Norte de Lima, originando que los usuarios tomen varios minutos de espera para tomar un bus, originándose largas colas, trifulcas y disconformidad entre los pasajeros. Según LCV, en el año 2014 se utilizaron todos los buses de la ruta troncal para disminuir la aglomeración de usuarios, sin embargo, tal aumento no disminuyó la aglomeración que se da principalmente en hora punta.

Ante el aumento de usuarios y el inminente colapso del sistema BRT, la presente tesis tuvo como objetivo principal analizar el desenvolvimiento del Metropolitano de Lima y promover un nuevo sistema de transporte, el Tren Ligero (Light Rail Transit en inglés, LRT), y determinar si el sistema propuesto, mediante un análisis coste-beneficio, hubiera sido una propuesta más conveniente al largo plazo ante la alta aglomeración que el actual BRT no logra disminuir en su ruta troncal. Por último, se pretendió conocer los impactos sociales, ambientales y económicos originados por la adopción del sistema propuesto.

Luego del análisis del funcionamiento de ambos sistemas, se pudo concluir que, en 30 años, el sistema LRT hubiera sido socialmente más conveniente al largo plazo, al igual que su impacto social ambiental y económico, ya que no solamente hubiera reducido los tiempos de espera de los usuarios, y por ende la aglomeración, para subir a un bus, sino que hubiera tenido una menor cantidad de emisiones de CO₂ y un costo menor que el BRT al largo plazo.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Objetivos	11
1.1.1 Objetivo Principal	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 Hipótesis	11
2. METODOLOGÍA	13
3. ESTADO DEL ARTE	17
3.1. Sostenibilidad	18
3.2. Transporte Sostenible	19
3.3. Sistema BRT	21
3.3.1. Características	21
3.3.2. Experiencia Internacional	22
3.3.2.1. Curitiba, Brasil	24
3.3.2.2. Bogotá, Colombia	27
3.4. Sistema LRT	31
3.4.1. Características	31
3.4.2. Experiencia Internacional	32
3.4.2.1. Barcelona, España	34
3.4.2.2. Boston, Estados Unidos	39
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN – LIMA METROPOLITANA	43
4.1. Estructura Geográfica y Territorial	44
4.2. Composición Distrital	45
4.3. Situación Demográfica	46
4.4. Clima y Calidad del Aire	50
4.5. Patrones de Movimiento y Sub-Centros	52
4.6. Transporte Público	54
4.6.1. Antecedentes	54
4.6.2. Actualidad	58
5. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	67
6. ANÁLISIS DE COSTE-BENEFICIO	75
6.1. Comparación de Sistemas BRT y LRT	76
6.1.1. Desempeño	76
6.1.1.1. Capacidad (PP/H/PD)	76
6.1.1.2. Frecuencia (Headway)	78
6.1.1.3. Velocidad Comercial	80
6.1.2. Costos: Capital y Operación	81
6.1.2.1. Capital	81
6.1.2.2. Operación	82
6.2. Impacto Ambiental y Social	87
6.2.1. Ambiental	87
6.2.2. Social	89

7. CONCLUSIONES	93
8. BIBLIOGRAFÍA	97
9. ANEXOS	103

INDICE DE FIGURAS

- Figura 01. Ciudades que implementaron el sistema BRT durante los años 1970 – 2010
- Figura 02. Sistema BRT - Ciudad de Curitiba
- Figura 03. Red Integrada de Transporte (RIT) de Curitiba
- Figura 04. Sistema BRT - Ciudad de Bogotá
- Figura 05. Mapa General del Sistema Transmilenio de Bogotá
- Figura 06. Ciudades que han adoptado el sistema LRT
- Figura 07. TRAM de Barcelona
- Figura 08. Recorrido de las dos rutas del TRAM de Barcelona
- Figura 09. Demanda de Usuarios del TRAM de Barcelona
- Figura 10. Rutas del Sistema Rapid Transit, Boston
- Figura 11. Izquierda: Tren Ligero tipo 8 – Ansaldo Breda. Derecha: Tren Ligero tipo 9 – CAF
- Figura 12. Encuesta al Usuario: Green Line - Boston
- Figura 13. Departamento de Lima – Provincias
- Figura 14. Zonas Interdistritales de Lima Metropolitana
- Figura 15. Lima Metropolitana – Crecimiento Poblacional desde 1940 según Censos del INEI
- Figura 16. Lima Metropolitana – 2010: Expansión Urbana y Áreas de Presión de Ocupación
- Figura 17. Número de Habitantes por Distrito
- Figura 18. Densidad Distrital
- Figura 19. Concentración de Material Particulado (PM2.5) por Distrito
- Figura 20. Sub – Centros de Lima Metropolitana
- Figura 21. Trole Bus convertido en tranvía. La foto de la derecha fue tomada en 1946
- Figura 22. Rutas del Tranvía de Lima
- Figura 23. Buses Gestionados por Empresa Nacional del Transporte Urbano del Perú
- Figura 24. Contaminación y buses antiguos en Lima Metropolitana
- Figura 25. Organigrama del Sistema Integrado de Transporte (SIT)
- Figura 26. Red del Metro de Lima y Callao
- Figura 27. Línea 1 del Metro de Lima
- Figura 28. Sistema BRT - Metropolitano de Lima
- Figura 29. Ruta Troncal y Alimentadores – Metropolitano
- Figura 30. Sistema Integrado de Transporte – Corredores Complementarios y el COSAC I
- Figura 31. Corredor Complementario No. 03 – Av. Arequipa
- Figura 32. Combi, Cúster y Ómnibus, respectivamente
- Figura 33. Problemas Principales para los Limeños, 2014
- Figura 34. Medio de Transporte para Trabajar o Estudiar en Lima Metropolitana, 2014
- Figura 35. Cómo se Movilizan los ciudadanos de Lima a Nivel Interdistrital - 2014
- Figura 36. Cómo se Movilizan los ciudadanos de Lima a Nivel Interdistrital – 2015
- Figura 37. Evaluación del Tiempo de Desplazamiento - 2014
- Figura 38. Evaluación del Tiempo de Desplazamiento - 2015
- Figura 39. Medios De Comunicación Informando El Problema De La Aglomeración

Figura 40. Densidad en Área de Influencia Directa – Metropolitano

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Número de Viajes por Día entre Áreas Interdistritales

Gráfico 02. Evolución del Aumento de Vehículos del Metropolitano

Gráfico 03. Costo Total en 30 años – Comparación entre Sistemas BRT y LRT

Gráfico 04. Impacto Ambiental de los Sistemas BRT y LRT en la Ciudad

Gráfico 05. Tiempo de Viaje Real – Casos Aplicados

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Buses de la Red Integrada de Curitiba

Tabla 2. Características de los Buses del Transmilenio, Bogotá

Tabla 3. Características del TRAM de Barcelona

Tabla 4. Características del Tren Ligero de Boston

Tabla 5. Evolución de la Densidad según Zonificación Interdistrital: 2007 – 2015

Tabla 6. Costo de capital por Kilómetro en Millones de Dólares (Solo Infraestructura)

Tabla 7. Comparación de Capacidad – Sistema BRT de Lima y Sistemas LRT

Tabla 8. Comparación de Velocidad Comerciales entre Sistemas BRT y LRT

Tabla 9. Comparación del Costo de Capital entre Sistemas BRT y LRT

Tabla 10. Estaciones con Mayor Demanda – BRT – 2015

Tabla 11. Frecuencia Hipotética según Demanda en Día Operativo - LRT

Tabla 12. Frecuencia Hipotética Según Demanda en Día Operativo – BRT

Tabla 13. Coste Operativo por Día y Año – LRT

Tabla 14. Coste Operativo por Día y Año – BRT

Tabla 15. Coste Operativo en 30 años – Sistemas BRT y LRT

Tabla 16. Costo de Vehículos – Sistemas BRT y LRT

Tabla 17. Impacto Ambiental de los Sistemas BRT y LRT

Tabla 18. Tiempo de Viaje Real según Tipo de Vehículo

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

El problema del transporte público en Lima se encuentra presente y arraigado en la cotidianidad de la población que afecta indiferente a todos los ciudadanos sin diferenciar género y estatus social.

El caos vial de la ciudad de Lima se ha estado desarrollando y expandiendo a lo largo de los últimos 30 años, tornándolo muy difícil de gestionar debido a la informalidad que aún se encuentra sumida la gran parte de los vehículos de transporte público y a la débil institucionalidad que ha cedido ante las mafias del transporte público que presionan a los gobiernos locales para que la situación actual perdure.

Según el quinto informe realizado el año 2015 por la Organización Lima Como Vamos (LCV), el transporte público representa para los ciudadanos de Lima, detrás de la seguridad ciudadana, el segundo problema más importante que padece la ciudad. Asimismo, según LCV, el problema se encuentra en la misma posición desde que se inició dicha encuesta.

En los últimos 10 años, el gobierno local ha impulsado diversas alternativas de transporte para descongestionar y reducir la dependencia de los usuarios con los vehículos de transporte público tradicional, entre ellas el inicio operativo del primer metro elevado, un sistema BRT y la construcción del primer metro soterrado del país, sistemas concesionados en su etapa operativa a empresas privadas.

El sistema BRT, más conocido en Lima como el Metropolitano, es un sistema que ha tenido un crecimiento acelerado principalmente en ciudades latinoamericanas debido a su coste de capital menor respecto a otros sistemas.

Dicho sistema, inaugurado operativamente en el año 2010 y que fue el primer sistema alternativo puesto en la ciudad, ha tenido diversos problemas debido a la aglomeración de usuarios, demanda localizada principalmente en la zona norte de Lima, desencadenando tiempos prolongados de espera por subir a un vehículo, peleas y disconformidad entre los usuarios.

Las ciudades de Bogotá, Curitiba y Ottawa, entre otros, cuentan con el sistema BRT desde hace mucho más años y han tenido el mismo problema de aglomeración de usuarios, a tal punto de que en la primera ciudad se ha planteado la aplicación de un metro y en las otras dos ciudades el cambio del sistema por un sistema Tren ligero o LRT (Light Rapid Transit).

Debido a ello, la presente investigación parte por el interés de analizar uno de los sistemas alternativos impulsados por el gobierno local, específicamente el sistema BRT, el cual ha presentado diversos problemas desde su inicio que hacen dudar sobre si la elección de un sistema de éstas características fue las más conveniente para la ciudad.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

- Determinar mediante un análisis coste-beneficio entre el sistema BRT de Lima y el sistema LRT, si el modelo propuesto es un sistema más conveniente en lo social, ambiental y económico para la ciudad en el largo plazo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para poder llevar a cabo lo descrito en el objetivo principal, se han analizado los siguientes puntos:

- Obtener el costo de implementación, operación y mantenimiento de una propuesta hipotética del LRT en la ruta troncal del BRT de Lima.
- Analizar el impacto ambiental y social originado por el planteamiento hipotético de un sistema LRT en la ruta actual de BRT de Lima.
- Conocer el desenvolvimiento del sistema LRT aplicado a la ruta troncal del BRT de Lima respecto a: Velocidad Comercial, Frecuencia y Capacidad.
- Examinar y conocer el actual desenvolvimiento de los sistemas BRT Y LRT en el contexto europeo y sudamericano así como sus características más significativas.
- Conocer las condiciones demográficas, ambientales actuales de la ciudad de Lima y el patrón de movimiento actual de la población.
- Analizar la evolución del transporte de Lima y su impacto en la actualidad.

1.2 Hipótesis

El presente estudio parte de la hipótesis de que el sistema LRT es un modelo más aplicable al recorrido actual del BRT de Lima debido a que es un sistema socialmente más beneficioso, medioambientalmente más sostenible y económicamente más viable.

Capítulo 2: METODOLOGÍA

Para determinar lo indicado en el objetivo principal, objetivos específicos e hipótesis formulada, se ha planteado la siguiente metodología:

- **Revisión Bibliográfica**

Se ha revisado información teórica referente a la evolución del concepto sostenible y su extensión al término transporte sostenible y su influencia en los nuevos sistemas de transporte público. A la vez, se ha revisado información teórica de los sistemas BRT y LRT respecto a sus características y evolución operativa en el mundo.

- **Análisis Cuantitativo y Cualitativo de los Sistemas BRT y LRT aplicados en el Mundo**

Se ha realizado un diagnóstico del funcionamiento de estos sistemas aplicados en las siguientes ciudades:

- BRT: Curitiba y Bogotá
- LRT: Barcelona y Boston

De las ciudades elegidas, el diagnóstico de cada sistema se ha centrado en su funcionamiento, identificación de sus características más significativas y los aspectos positivos y negativos aplicados según su ámbito operativo. Se ha recabado información cuantitativa del funcionamiento de los sistemas BRT y LRT de las ciudades ya mencionadas específicamente en sus rutas troncales respecto a capacidad de vehículos, demanda de pasajero/hora/dirección en hora pico, velocidad comercial, frecuencia y el tipo de energía empleado para su funcionamiento.

- **Diagnóstico del Transporte Público de Lima**

Para poder obtener un diagnóstico del estado actual del transporte público de la ciudad de Lima, se ha realizado un repaso de las diversas etapas que han transcurrido y que repercutieron en la actualidad. A la vez, se han revisado las decisiones públicas y proyectos de transporte público más importantes implementados en los últimos años para mejorar el transporte público de Lima.

Se ha recabado información respecto a la evolución demográfica de los habitantes de Lima y su ubicación según zona interdistrital. Finalmente, se ha realizado un diagnóstico ambiental de la ciudad respecto a los niveles de CO₂ que maneja actualmente y determinar el patrón de movimiento establecido en la ciudad.

Por último, se ha realizado una entrevista al ex presidente del Directorio de Protransporte, ente regulador del transporte público de Lima, para conocer su opinión respecto a la actualidad del transporte público de la ciudad de Lima y los proyectos a realizar en el futuro.

- **Análisis de Coste – Beneficio**

Una vez obtenido un panorama general respecto al estado actual del transporte público de Lima y de los modelos BRT y LRT que se aplican en diversas ciudades, se ha elaborado un análisis de coste-beneficio en base a la actual ruta troncal del BRT de Lima de acuerdo a la demanda actual del sistema con una propuesta hipotética de un sistema LRT. Para la realización del análisis se han tomado referencias de análisis de Coste – Beneficio realizados previamente por Marina Lussich y su investigación respecto a los beneficios de implantar un sistema LRT que conecte las dos rutas LRT operativas actualmente en Barcelona, el Instituto para la Política de Transporte y el Desarrollo y su guía de planificación de sistemas en ciudades y finalmente la tesis realizada de Cesar Corena que evalúa, mediante un análisis de coste – beneficio, diversos sistemas para su posterior ejecución en una zona específica de Bogotá.

Debido a que la tesis se trata de una aproximación del análisis coste-beneficio entre sistemas BRT y LRT, dentro de las diversas consideraciones que se realizan en este análisis, sólo se han evaluado los siguientes puntos:

- Velocidad Comercial, Frecuencia y Capacidad de Transporte de Pasajeros por hora y sentido (PP/H/PD)
- Costo de Capital, Operación y Vehicular
- Impacto Social y Ambiental

Para realizar los puntos seleccionados, se ha recabado información de investigaciones realizadas referentes al tema, provenientes de Robert Cervero, Institute For Transportation & Development Policy (en adelante ITDP), Transportation Research Board (en adelante TRB), Instituto Nacional de Estadística e Informática (en adelante INEI), etc.; que ayudaron a construir el análisis y obtener resultados que puedan brindar una respuesta a la hipótesis formulada.

Capítulo 3: ESTADO DEL ARTE

3.1. Sostenibilidad

El uso del término sostenible o sustentable, que ya se había nombrado previamente de manera muy escasa mediante frases como sociedades sostenibles o desarrollo sostenible a mediados de los años setenta (...) a raíz de la preocupación por el medio ambiente y la expansión de la población mundial (Hitchcock, 1991), fue finalmente mencionado mediante el denominado reporte Brundtland durante la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas celebrado en 1987, donde el término se popularizó y tomó la importancia que años anteriores carecía. El reporte definió a la sostenibilidad como un desarrollo que satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. A partir de dicha comisión, el uso del concepto sostenible se ha ido extendiendo a lo largo de los años siendo asociado a niveles locales, nacionales y globales tomando cada vez una mayor relevancia.

En 1991, por su parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés), diría que el uso del concepto sostenible es aplicable solo en el uso de energías renovables; es decir usándolos en tasas dentro de sus propias capacidades de renovación. Daly expandiría el término y a diferencia de la IUCN, diría que el desarrollo sostenible envuelve tres condiciones básicas: la tasa de consumo de un recurso potencialmente renovable debe ser igual o inferior a la de su renovación, la tasa de explotación de un recurso no renovable debe ser igual o inferior a la tasa de creación de nuevos recursos renovables que puedan sustituirlos y la tasa de emisión de contaminantes ha de ser igual o menor a la tasa de asimilación o reciclado natural de los mismos por el entorno. De las tres condiciones descritas se puede concluir que el consumo de cualquier energía, renovable o no, así como las emisiones debido al consumo de las mismas, no debe exceder a la producción de ellas así como su nivel de asimilación, factor importante de la sostenibilidad que destaca el uso y la producción consciente de los recursos.

La sostenibilidad sería definida en términos económicos como la suma total de las reservas de capital de los tres tipos de activos (industrial, ambiental y humano) de manera constante para asegurar que las generaciones futuras tengan la misma capacidad de desarrollarse como las generaciones actuales (Pearce y Warford, 1993). Es aquí cuando entra a tallar directamente el factor industrial y la producción de la misma, como vehículos e infraestructura, es también un componente de la ecuación de la sostenibilidad. Para concluir éste último apartado, considero que lo mencionado por Pearce y Warford es la definición más sólida respecto a la definición de la sostenibilidad, enmarcándolo en tres componentes o principios rectores que se complementan entre ellos: el factor Ambiental, Económico y Social.

3.2. Transporte Sostenible

Luego que Pearce y Warford involucrasen a la industria como un componente de la sostenibilidad, diversos investigadores empezaron a asociar éste componente directamente con el transporte debido a los altos índices de contaminación registrados debido al aumento de su uso. El término sostenible extendido al transporte sería definido por Roseland, el cual hace previamente una crítica a la sociedad cuando tratan de definir a la sostenibilidad y menciona que muchas personas usan el término de desarrollo sostenible centrándose en plantar árboles, (...) armar una caja alrededor de ellos y proteger lo que está dentro de esa caja, cuando ignoran que la actividad humana se encuentra fuera de esa caja, es decir, la vivienda, el desarrollo económico, el transporte y más, teniendo un mayor impacto en el medio ambiente que sus políticas ambientalistas.

Lo comentado por Roseland es importante ya que considera decisivo el rol de la sociedad y sus gobiernos y como sus decisiones pueden influenciar en el medio ambiente. El transporte, entre otros puntos igual de importantes, finalmente es tomado en cuenta y nombrado directamente como parte del problema.

Cuatro años después de la publicación de Roseland, el Banco Mundial definiría al transporte sostenible como el resultado de tres componentes principales:

El componente económico y financiero, el cual incluye aspectos de la adecuación de la financiación de la infraestructura, organización y escala del transporte; El componente ecológico y medioambiental, que incluye cuestiones de cómo las inversiones y modos de transporte influyen en los patrones de viaje y uso de la tierra y cómo éstas a su vez influyen en el consumo de energía, emisiones, calidad del agua y el aire y el hábitat; y finalmente el componente social, que enfatiza el acceso adecuado al servicio del transporte para todos los segmentos de la sociedad. Lo dicho por el BM sería la evolución de la definición realizada por Pearce y Warford pero centrado al transporte, tomando los aspectos ambientales, sociales y económicos como temas principales para la medición de un buen sistema de transporte o transporte sostenible.

El consejo de la Unión Europea (CEU por sus siglas en inglés), mencionó que el transporte sostenible responde a las necesidades básicas de acceso y desarrollo de individuos, empresas y sociedades, con seguridad y de manera compatible con la salud humana y el medioambiente, y fomenta la igualdad dentro de cada generación y entre generaciones sucesivas (...) limita las emisiones y los residuos dentro de la capacidad del planeta para absorberlos, usa energías renovables al ritmo de generación y utiliza energías no renovables a las tasas de desarrollo de sustitutos de energías renovables mientras se minimiza el impacto sobre el uso del suelo y la generación de ruidos.

Richardson, ha elegido como indicadores de la sostenibilidad del transporte a la seguridad (del sistema), la congestión, el consumo de combustible, las emisiones de los vehículos y el acceso de los pasajeros a dichos sistemas. A estos indicadores se les podría asociar a los tres principios ya mencionados, la seguridad y el acceso de los usuarios al factor social, la congestión y el consumo de combustible al factor económico debido a que ambos inciden en el desempeño del sistema que podrían ser encarecidas si las condiciones son negativas y las emisiones de los vehículos al factor ambiental. Se recalca una vez más la importancia de estos aspectos y la incidencia que tienen entre sí. Esto podría ser consecuente con lo mencionado por Roseland casi una década previa, que mencionaba que un sistema de transporte insostenible no solo es un factor que contribuye al cambio atmosférico, sino que incrementa la congestión vehicular, influye en los tiempos de desplazamiento, genera una reducción de la jornada de trabajo para compensar las horas de viaje cada vez de mayor duración y precios más altos debido a la reducida productividad de los trabajadores.

Para finalizar, la idea de que todos los recursos deben convertirse en renovables puede parecer imposible, pero quizás no lo es del todo, ya que los recursos son definidos por nosotros mismos mediante la tecnología. Así, es posible concebir un equilibrio entre el avance tecnológico y los cambios en las instituciones por una parte y el consumo de energía en el otro (...) exigiendo que las instituciones públicas, como los gobiernos, deban reforzar en lugar de oponerse a la sostenibilidad para que ella sea alcanzable (Greene y Wegener, 1992). A pesar de ello, el aumento del uso de vehículos de transporte público como privados, el crecimiento de la población mundial y por ende el crecimiento de las ciudades y la reducción de áreas verdes en los últimos años está incidiendo negativamente en el medio ambiente, originando pérdidas irreparables en la biodiversidad y cambios climáticos evidentes debido al aumento de las emisiones de gases invernadero que se emiten, entre diversos factores, por la utilización de combustibles fósiles que muchos vehículos consumen; asimismo, éstos producen impactos adversos sobre la salud y la seguridad de los ciudadanos, a la economía, a la sociedad y, en general, a la calidad de vida de la población que vive y trabaja en las ciudades (IDAE, 2006).

3.3. Sistema BRT

3.3.1. Características

El Sistema BRT es una forma flexible de tránsito rápido (...) que combina estaciones, vehículos, servicios, vías segregadas y un inteligente sistema de transporte. Agrega, además, que el sistema cuenta con una gran flexibilidad operacional y de capital de operatividad potencialmente menor respecto a otros sistemas. (Transit Cooperative Research Program, 2003).

La Administración Federal de Tránsito (FTA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos define al sistema BRT como una forma rápida de transporte que provee la calidad de un sistema ferroviario y la flexibilidad de los buses.

Cabe mencionar que en Europa al sistema BRT se le ha denominado como Buses con un Nivel Alto de Servicio (BHLS por sus siglas en inglés) pero que en esencia, funcionan de igual forma.

Los BRT pueden ser implementados de manera rápida y gradual, pueden operar en avenidas principales, secundarias, vías segregadas y túneles, pueden integrarse fácilmente al entorno inmediato, generar beneficios en el desarrollo urbano y pueden ser implementados por un menor costo que una línea ferroviaria no segregada que pueda brindar los mismos beneficios (Transit Cooperative Research Program, 2007).

Las ciudades en donde se pretenda instalar el sistema tienen que cumplir ciertos criterios que la TCRP (2007) explica: el sistema se aplica en grandes áreas urbanas donde las horas pico y la frecuencia de los pasajeros durante el día sea suficiente para permitir una frecuencia ordenada de buses que justifique las vías asignadas, la existencia de una o más zonas anclas como el centro de la ciudad, un área urbana con una población que exceda los 750 mil habitantes y una zona económicamente activa con una población mínima de 50 mil habitantes. Además de sus características ya mencionadas, el sistema se acomoda perfectamente a patrones de asentamiento de baja densidad llegando a muchos mercados suburbanos y ciudades de pequeña y mediana escala (Cervero, 2013).

Respecto a su velocidad, Cervero menciona que mientras mayor sea la calidad del servicio del BRT, mayor será la velocidad de operación promedio el cual es 20km/h, reduciéndose muchas veces en zonas muy congestionadas a pesar de contar con vías segregadas. Finalmente, la TRCP menciona que debe existir un intervalo de buses en la línea troncal que fluctúe entre los ocho a diez minutos o menos durante horas pico y no más de 12 a 15 minutos durante horas normales.

El confort en el viaje, según Cervero, es una característica común en los sistemas BRT. En ciudades como Estambul y Adelaide, los usuarios han calificado positivamente su desenvolvimiento mientras que los usuarios de la ciudad de Los Ángeles compararon el buen nivel del servicio con el sistema LRT que también funciona en dicha ciudad.

La reducción del impacto ambiental y por ende el mejoramiento de la calidad del aire en la ciudad debido a la implementación del sistema también es menor debido a que los buses antiguos son reemplazados por buses del sistema BRT que utilizan combustible limpio que cumplen con los estándares de las Normas Euro III y Euro IV.

Sin embargo, una amplia variedad de factores locales pueden afectar el nivel del BRT, como la cultura, la densidad poblacional, distribución de viajes, clima, geografía, topografía, recursos financieros disponibles, capacidad y conocimiento técnico local, estructuras de negocios e instituciones existentes y lo más importante, voluntad política para implementar dicho sistema. Se podría también agregar que el sistema BRT forma parte del complejo engranaje denominado transporte público, en donde el empleo del mismo no será necesariamente exitoso si es que no existe una planificación que pueda integrar todos los sistemas de transporte existente en una ciudad. Por lo ya mencionado, existen sistemas que se encuentran atravesando por diversos problemas que andan mellando la reputación de los BRT (Institute transit

3.3.2. Experiencia Internacional

A la fecha, existen 120 ciudades que cuentan con este tipo de sistema, siendo Latinoamérica la región con el mayor número de ciudades que han adoptado el BRT en los últimos años (Global BRT Data, 2016).

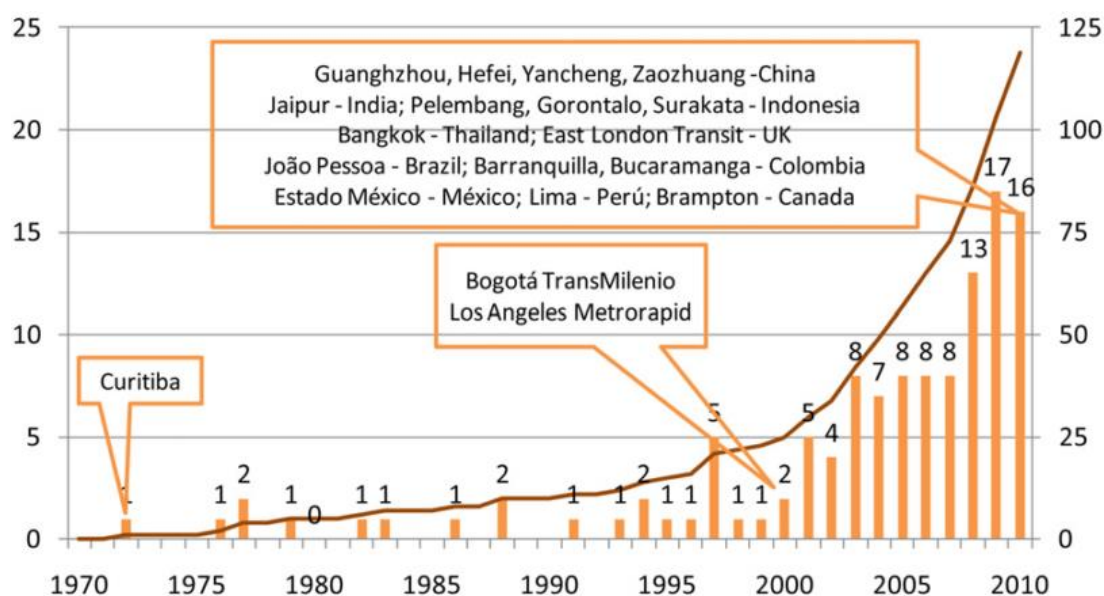


Figura 01. Ciudades que implementaron el sistema BRT durante los años 1970 – 2010
Fuente: EMBARQ (2011)

A finales del 2013, Cervero (2013) indicó que la ciudad de Yakarta encabezó el ranking mundial de las ciudades con mayor extensión de vías segregadas, teniendo un total de 134 kilómetros, seguido por la ciudad de Bogotá y su Transmilenio con 105 kilómetros, ciudad de México con 81.5 kilómetros y finalmente Curitiba con un total de 70 kilómetros.

En Ottawa se aplica el sistema desde hace más de 30 años y actualmente se están encontrando problemas de aglomeración debido a la gran cantidad de usuarios que acuden a tomar los buses. Si bien en un principio tuvo una buena repercusión entre los usuarios, actualmente se utilizan 2600 buses diarios y para el 2018, se prevé que el sistema no tendrá más capacidad. Debido a ello, se está llevando a cabo la construcción de un sistema LRT, el cual produciría, para el 2031, alrededor de 38 mil toneladas de gases de efecto invernadero menos que el sistema actual. (The Transport Politic, 2010). Asimismo, la posibilidad de un LRT ya se había tocado previamente en 1983 pero la idea fue finalmente desechada. Por ello, se ha cuestionado la decisión política de aquel entonces sobre lo que hubiera pasado si se hubiera aplicado el LRT desde un principio, y es que en términos de costes operativos, el sistema se hubiera ahorrado más de 100 millones de dólares canadienses orientado al salario de los conductores, consumo de gas y mantenimiento (The Transport Politic, 2010).

El BRT de la ciudad de Yakarta, el sistema con más extensión en el mundo, también ha sufrido problemas originados por la aglomeración de pasajeros, donde según los usuarios, aparte de esperar entre 30 minutos y una hora para tomar un bus, se encuentran expuestos a robos, agresiones sexuales y hacinamiento (The Yakarta Post, 2009), es decir, se encuentran a merced de una baja calidad de servicio de transporte público. A diferencia del Transmilenio, el cual su situación se explicará más adelante, en donde el problema de la aglomeración se le acusó por tener una red poco expandida, el sistema vial del TransYakarta se expandió más que ninguna ciudad en el mundo, sin que esto signifique una operatividad positiva.

Para el presente estudio, se tomarán las ciudades de Curitiba y Bogotá debido a que son ciudades latinoamericanas que no difieren mucho a la realidad limeña y que a su vez marcaron una tendencia mundial en el uso de este sistema. Asimismo, su larga experiencia debido a los años transcurridos desde su fundación, podrán brindar una perspectiva más amplia de los aspectos positivos y negativos del sistema BRT.

3.3.2.1. Curitiba, Brasil

Curitiba es la capital del estado de Paraná y cuenta con una población estimada en el 2014 de un millón 864 mil 416 habitantes y una densidad de 4,250 hab/km², el cual representa casi el 55% de la población de la región metropolitana.

Inaugurado en 1972, a la gestión del transporte de la ciudad de Curitiba se le ha concedido el rótulo de pionera en el manejo del sistema BRT (Cervero, 2013), debido a su buen manejo y ejecución del sistema BRT durante los años. Asimismo, Cervero (1998) le atribuye al sistema como un servicio de alta calidad con un rendimiento similar de un metro pero a una fracción del costo. Se han marcado tres periodos importantes en la historia de la Curitiba moderna que influyeron en el éxito del BRT: el primer periodo se desarrolló entre 1943 y 1970, donde se fijaron los principios de planificación y se forjó una visión de ciudad; el segundo periodo fue entre los años 1972 y 1988, época donde se ejecutó el plan que llevó a la consolidación de un sistema de transporte de autobuses integrada a escala de la ciudad, denominada Red Integrada de Transporte (RIT); y finalmente el último periodo que se mantiene desde 1988 hasta la actualidad, llevándose a cabo la expansión metropolitana y mejoras en el sistema de transporte de bus integrado (Lindau, Hidalgo y Facchini 2010).



Figura 02. Sistema BRT - Ciudad de Curitiba
Fuente: Flickr (2012)

Dentro de estas tres etapas, se resalta el hecho de que el gobierno integrara la planificación territorial con los corredores BRT, proyectara los corredores en zonas urbanas ya consolidadas que se encuentren en el rango de medio y alta densidad y que se haya realizado una vía denominada “Línea Verde” el cual es una antigua vía federal convertida en corredor BRT que

tiene una extensión de 18 kilómetros. Ésta vía, el cual tiene varios pasos a desnivel, parques lineales y ciclo vías, permiten servicios rápidos de buses llamados Expresos. Diversas leyes se han publicado en pro de la preservación de los espacios verdes cercanos a los corredores del BRT, permitiendo mayores alturas de los edificios a cambio de la preservación de las áreas cercanas del BRT como parques (Cervero, 2013).

Debido al temprano éxito de la gestión del BRT en Curitiba, muchas ciudades de Brasil tomaron el modelo con sistemas básicos como Sao Paulo en 1975, Goiania en 1976, Porto Alegre en 1977 y Belo Horizonte en 1981 (Meirelles, 2000). En el año 2006, la RIT contaba con 64.6 kilómetros de longitud total entre todos los corredores troncales existentes y una distancia promedio entre cada estación de 540 metros.

Gracias a las propuestas ya mencionadas, la RIT ha obtenido una buena reputación a nivel mundial y ha tejido durante los últimos años nuevas rutas que se extienden a lo largo de toda la ciudad. Las rutas han sido denominadas como Corredores – BRT, ruta de integración Interbarrios e Integración Alimentador (Mara, 2014).

El sistema de BRT de Curitiba otorgó los contratos de operación para cada línea troncal a las mismas compañías que por más de una década habían tenido el monopolio de las operaciones de buses en el mismo corredor. De esta manera, las compañías privadas de buses tenían más capital de inversión propio y un acceso más fácil a los préstamos de los bancos (Institute For Transportation & Development Policy, 2010).

Según Mara (2014), en el año 2010, 13 distritos estuvieron integrados a la RIT de Curitiba, los cuales representan el 73% de la demanda de la RIT, y trabajó para una ciudad con una población que registró un total de 3'223,836 personas, de los cuales 1'471,929 millones habitaban en la región Metropolitana (zona alejada del centro) y 1'751,907 en la zona de Curitiba (Centro).

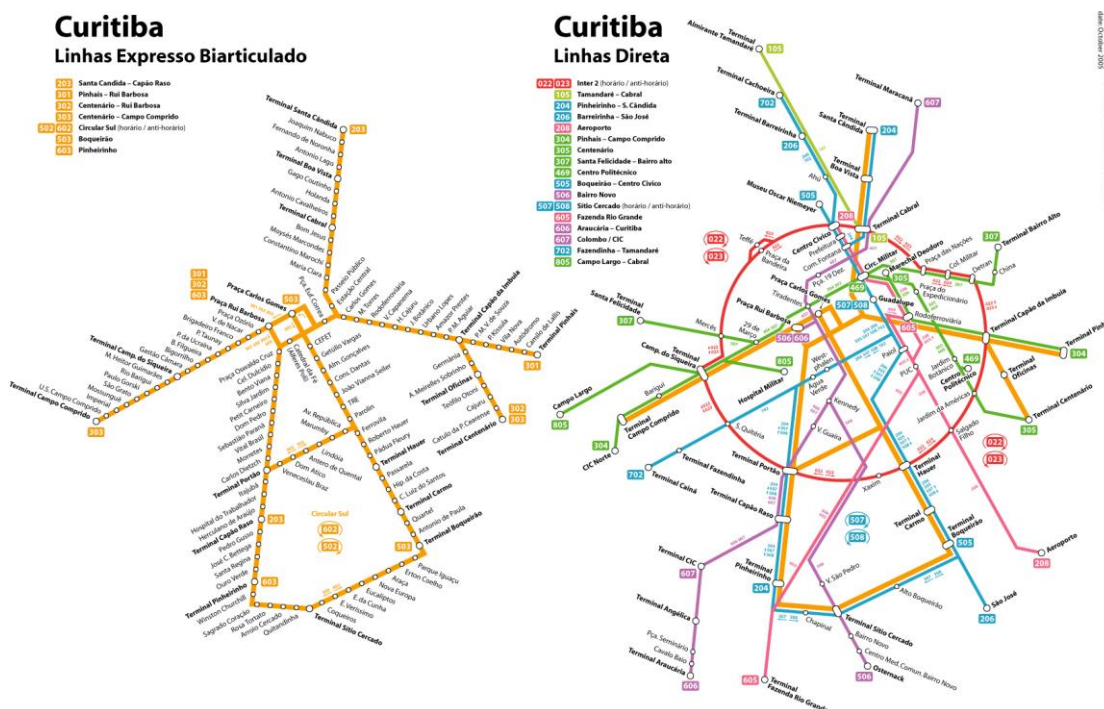


Figura 03. Red Integrada de Transporte (RIT) de Curitiba
Fuente: The City Fix (2010)

Las características de los buses que operan en la ruta troncal y que forman parte de la red Integrada de Transporte se muestra en la tabla 01. Cabe resaltar que la mayoría de los datos obtenidos por el ITDP datan de por lo menos 5 años, motivo por el cual se hace mención que varios de estos datos han podido cambiar en el transcurso de los años:

RED INTEGRADA DE TRANSPORTE - CURITIBA	Características	<p>Longitud total de ruta troncal 64.6 Kilómetros</p> <p>Capacidad de vehiculos de ruta troncal 170 personas (Articulado) / 270 personas (buses bi-articulados) (6 pers/m2)</p> <p>Demanda Hora pico troncal (Pasajero/Hora/dirección) 20 mil usuarios</p> <p>Total de pasajeros transportados diariamente 562 mil usuarios (Región Metropolitana)</p> <p>Velocidad Comercial Promedio 19 km/h</p> <p>Frecuencia Hora Valle 6 minutos</p> <p>Frecuencia Hora Pico 2 minutos (30 segundos en muchos casos)***</p> <p>Costo total por Infraestructura (Euros por km) 988.955 - 5'394.300 millones</p>
	Vía	Segregada
	Material Movil	<p>Marca AB Volvo, Busscar Onibus, Mercedes Benz</p> <p>Tipo Convencional, Articulado, Biarticulado y Microbuses</p> <p>Piso A nivel</p> <p>Costo Promedio de Bus Troncal 355.164 euros</p> <p>Propulsión Euro 3 Diesel / Biocombustible*</p>
	Flota	1500 Buses Urbanos y 600 buses metropolitanos
	Billetes	<p>Precio 1.00 y 0.58 euros los domingos**</p> <p>Venta Estación (Tarjeta Inteligente)</p> <p>Validación Estación (Tarjeta Inteligente)</p>

Tabla 1. Características de los Buses de la Red Integrada de Curitiba
Fuente: ITDP (2010), Ubiratan (2014)*, Olga Mara (2014)** , Cervero (2013)***

Entre la información más resaltante, entre los buses articulados y biarticulados movilizan en la ruta troncal alrededor de 562 mil pasajeros diariamente, teniendo una demanda en hora pico de 20 mil personas y una velocidad comercial promedio de 19 km/h. Asimismo, la frecuencia promedio de buses en hora pico fue de dos minutos y en el resto del horario seis minutos, teniendo un tiempo promedio de parada de 22 segundos (ITDP, 2007).

El funcionamiento del sistema es subvencionado en un 15% entre el estado y la Municipalidad, los cuales de ese porcentaje cada uno tiene asignado el 62.5% y el 37.5% respectivamente. (Mara, 2014). Actualmente, de los 1500 buses que operan en la zona urbana, 1280 se encuentran en operación y transportan, por día hábil, alrededor de 2,040 millones de pasajeros.

Sin embargo, a pesar de toda la planificación realizada, actualmente el sistema se encuentra teniendo problemas producto de la aglomeración de personas. Según Cervero (2013), los buses, los cuales llegaron a tener intervalos de 30 segundos en las rutas principales durante las horas pico, generaron un servicio más lento, un incremento del costo de operación y el alejamiento de diversos usuarios que optaron por el auto propio ya que notaban al sistema muy ruidoso, lleno de gente e inseguro. La frecuencia de 30 segundos alcanzado en el RIT para compensar la alta afluencia de público ha significado el cuestionamiento del sistema ante la alta demanda de pasajeros por parte de las autoridades, ya que se ha establecido un debate sobre la implementación de un sistema LRT en reemplazo de los buses, sin embargo se ha visto interrumpido debido a los costes iniciales que este sistema podría implicar y sobre todo por la inercia política de la ciudad (Duarte y Ultramari, 2012).

3.3.2.2. Bogotá, Colombia

La capital de Colombia tiene una población de más de siete millones de habitantes y una densidad de 13.500 hab./km² (Onu-Habitat, 2010).

El sistema de transporte público que opera en la ciudad se le llama Transmilenio y es un sistema de buses que fue puesto en operación a finales del año 2000 a pesar de tener varios detractores que dudaban de que el servicio pueda funcionar en la ciudad el cual, en ese entonces, ya contaba con casi siete millones de habitantes.

El sistema BRT implementado, el cual fue construido para enfrentar el transporte público no controlado el cual sumaba 35 mil vehículos de varias formas, tamaños y que contribuía a la congestión y a la pobre calidad de aire, fue el segundo en ponerse en funcionamiento en Sudamérica, después de Curitiba, contando con servicios troncales segregados y alimentadores que recorren las zonas más alejadas de la ciudad.



Figura 04. Sistema BRT - Ciudad de Bogotá
Fuente: Flickr (2011)

Previo a la ejecución del proyecto, se creó una oficina de supervisión de la implementación y manejo de operaciones del sistema llamado TransMilenio S.A. La ejecución de la Fase I costó cuatro millones 765 mil euros y los tres corredores de la Fase II costaron alrededor de 13 millones de euros, un costo mayor a la Fase I debido a la construcción de nuevos puentes, un intercambio vial y túneles. Asimismo, una de las consideraciones principales era el volumen de pasajeros que la vía del BRT tenía que abarcar, el cual se traduce en 45 mil pasajeros por sentido en hora pico, aumentando el costo de construcción debido a la construcción de dos carriles enteros en cada sentido y plataformas múltiples en las estaciones en cada parada (Institute For Transportation & Development Policy, 2010).

En el año 2006 el servicio troncal contaba con dos tipos de buses, articulados y biarticulados, siendo el primero el más utilizado en la ruta, los cuales cuentan con una capacidad de 160 y 250 pasajeros respectivamente, transportando diariamente a un millón 450 mil pasajeros, teniendo una demanda máxima jamás registrada en horas pico (pasajeros por hora por dirección) de 37,700 pasajeros (Cervero y Graftieaux, 2008) y en el resto del horario un promedio de 28 mil pasajeros (Cervero, 2013). El sistema tiene una tarifa de 0.61 euros para la ruta troncal, 0.53 euros para los servicios zonales y 0.09 euros para los transbordos, siempre y cuando éste último se encuentre dentro del rango del tiempo, es decir, 75 minutos medidos a partir del momento de validar la entrada en los torniquetes de algún servicio (Transmilenio, 2016). Asimismo, la longitud existente de los corredores troncales en el 2006 era de 84 kilómetros, la velocidad comercial promedio del bus es de 27km/h, teniendo un frecuencia de buses en horas pico y no pico de tres minutos y cinco minutos respectivamente, y un tiempo promedio de parada por estación de 25 segundos (Institute For Transportation & Development Policy, 2010). La siguiente tabla muestra las características ya mencionadas:

TRANSMILENIO - BOGOTÁ	Características	Longitud total de ruta troncal Capacidad de vehiculos de ruta troncal Demanda Hora pico troncal (Pasajero/Hora/dirección) Total de pasajeros transportados diariamente Velocidad Comercial Promedio Frecuencia Hora Valle Frecuencia Hora Pico Costo total por Infraestructura (Euros por km)	115 Kilómetros 160 personas (Articulado) / 250 personas (Bi-articulados)* 40 mil usuarios** 2'213.236 millones*** 26 km/h*** 5 minutos 3 minutos (1 minuto en muchos casos)**** 4'765.760 (Fase I) - 13'3 millones (Fase II)
	Vía		Segregada
	Material Movil	Marca Tipo Piso Costo Promedio de Bus Troncal Propulsión	Volvo, Scania Articulado A nivel 179.880 euros Diesel Euro 2/3
	Flota		1452 Buses Articulados y 313 buses biarticulados*
	Billetes	Precio Venta Validación	0.62 euros* Estación (Tarjeta Inteligente) Estación (Tarjeta Inteligente)

Tabla 2. Características de los Buses del Transmilenio, Bogotá.

Fuente: ITDP (2010), Transmilenio (2016)*, Cervero y Graftieaux (2008)**, BRTDATA (2016)***, Cervero (2013)****

Sin embargo, no todo fue positivo en los años posteriores a la inauguración del Transmilenio. La aglomeración de personas que se suscitó al igual que el sistema de Curitiba, puso en apuros al sistema el cual empezó a mostrar cifras preocupantes. Las condiciones el cual se trasladaban los usuarios dentro de los buses en hora punta fue una de las más significativas. Según el ITDP, los factores de carga de los buses registraron un 80% en horas punta y 70% en hora valle. No obstante, un año antes, por metro cuadrado ya viajaban un promedio de 6.5 pasajeros por metro cuadrado (EMBARQ, 2009), originando que los buses, en los paraderos siguientes, no recogieran pasajeros generando peleas entre los usuarios y disconformidad con el sistema (Cervero, 2013). Esto se produjo posiblemente debido a que entre los años 2005 y 2010, la flota creció solo un 2.2 %, posiblemente a que la ruta troncal no permitía más buses, mientras que la demanda pasó de 1.2 millones a 1.7 millones de usuarios, es decir, creció un 30%. Éste aumento de usuarios significó que el Transmilenio sea el sistema con más demanda de usuarios a nivel mundial (Cervero, 2013).

A pesar de que el aumento de la flota de buses no haya sido significativa, se aumentó la frecuencia del servicio con la creación de nuevas líneas denominadas expreso y mecanismos similares para reducir la espera de los usuarios en las estaciones y evitar las aglomeraciones, llegando a límites de frecuencia ahora comunes de 60 segundos. La virtud de los buses expreso es de ir a una velocidad mayor al promedio y parar en estaciones específicas. Como lo explica el ITDP, si el intervalo de tiempo entre buses es muy baja (en adelante headway) y la demanda del servicio es alta, las bahías de parada se congestionan más disminuyendo la velocidad del sistema.

Sin embargo, ¿Qué pasaría si la frecuencia es alta originada por la alta demanda y por ende un alto número de buses operativos, y que a pesar de ellos no puedan reducir las aglomeraciones de usuarios, es decir, la actualidad de muchos sistemas BRT incluido el Transmilenio? El tiempo de espera en las estaciones aumentaría, y por ende, el tiempo de abordaje y salida del bus por parte de los usuarios y aunado al tiempo muerto, el cual se traduce en la desaceleración de un bus al llegar a una bahía y el sistema de apertura y cerrado de las puertas, resultarían en una combinación muy peligrosa para el éxito no solo del Transmilenio, sino de cualquier sistema.

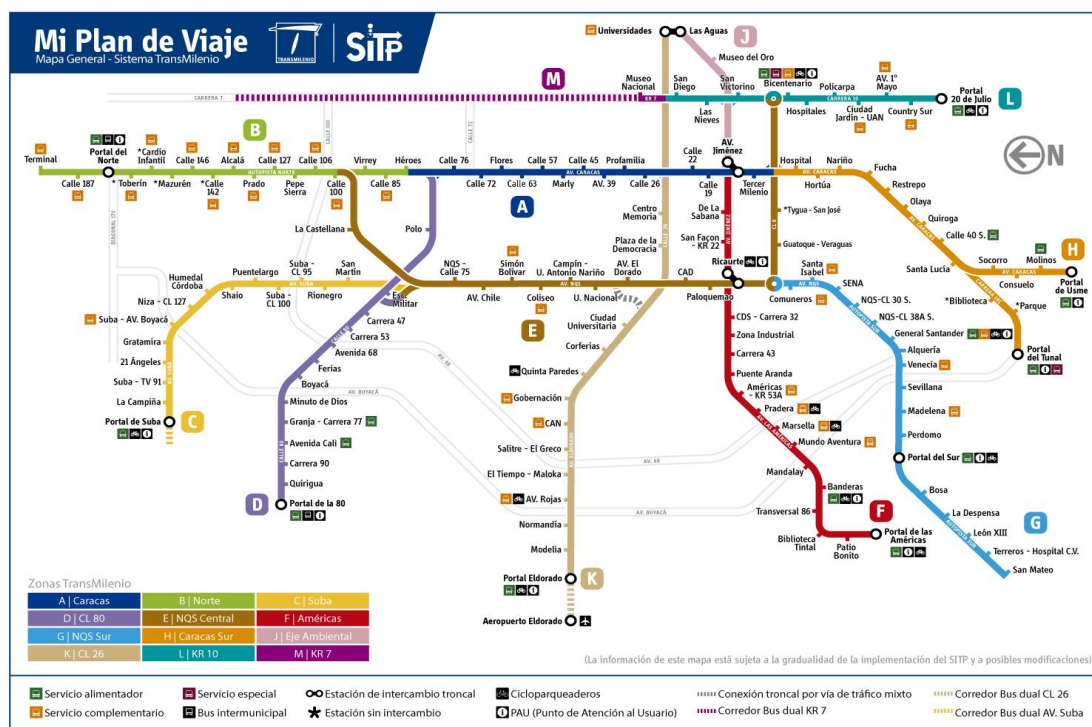


Figura 05. Mapa General del Sistema Transmilenio de Bogotá
Fuente: Transmilenio (2010)

<http://www.transmilenio.gov.co/es/plano-de-estaciones>

Actualmente el Transmilenio trabaja para una población, entre habitantes que viven dentro y fuera de la zona administrativa de Bogotá, de casi 17 millones de habitantes (BRTDATA, 2016) y cuenta con una ruta troncal de 115.1 kilómetros de extensión, 138 estaciones operativas, 10 patio talleres, 9 operadores troncales, 7 operadores zonales, 1 empresa de recaudo y hasta el 30 de setiembre del 2014, una demanda promedio de 2.18 millones de usuarios en días hábiles, es decir, 500 mil nuevos pasajeros respecto al 2010 (Transmilenio, 2015). Asimismo, el 62% del total de usuarios proviene principalmente del uso de las rutas troncales denominadas fase I y II, el 29% de las áreas zonales y un 9% de la fase III de la ruta troncal. La demanda directa, sin contar los usuarios de los alimentadores, se encuentra principalmente en la estación Portal Norte (ruta de color verde indicada en la figura 05).

Al cierre de ésta tesis, el gobierno de ciudad evalúa la construcción de un metro que pueda servir de complemento al ya saturado Transmilenio.

3.4. Sistema LRT

3.4.1. Características

El Light Rail Train o Tren Ligero es un sistema que se caracteriza por su capacidad para operar mediante vagones independientes o agrupados que se desplazan a lo largo de una vía exclusiva a nivel del suelo, en estructuras aéreas, en el metro o en las calles, capaz de embarcar y desembarcar pasajeros en vías de estación o en la calle (...) y normalmente alimentado por medio de cables eléctricos aéreos (Transportation Research Board, 2000).

La Comisión de Investigación de Transporte de los Estados Unidos (TRB en sus siglas en inglés) lo definió como un modo de transporte urbano guiado que utiliza predominantemente, pero no necesariamente, plataforma reservada y segregada. Mediante coches de tracción eléctrica pueden operar independientemente o agrupados, ofreciendo una amplia gama de capacidad de pasajeros y características a un costo moderado.

Finalmente, el Programa Cooperativo de Investigación de Tránsito acota que las características de tipo de sistema son económicamente inferiores que el metro tradicional y que son capaces de compartir las avenidas con el tráfico vehicular y los peatones y que el sistema puede ser construido sin vías exclusivas.

Las diversas comisiones y asociaciones concluyen en que el LRT es un sistema adaptable a vías tanto segregadas como no segregadas así como a su entorno inmediato y que el costo de su implementación es menor a los sistemas ferroviarios soterrados.

Al igual que el BRT, es un sistema que puede desenvolverse tanto en vías segregadas como no segregadas, su funcionamiento depende básicamente de la electricidad, aunque hubo casos el cual su desempeño fue mediante diesel (Ottawa), y que el costo de su construcción es inferior al metro tradicional, ya que sus características, aparte de resultar de menor costo al metro debido a que su desplazamiento es a nivel de la ciudad y portar características más compatibles con su entorno, permiten que pueda funcionar dentro de la trama urbana de una ciudad.

Al ser un tren ligero, éste se construye a base de aluminio para generar un menor peso y facilitar su tracción, aceleración y frenado. Asimismo, esto contribuye a que genere bajos niveles de ruido en su desplazamiento. El tiempo que se toma en construir un tren ligero toma entre 2 y 3 años y su capacidad máxima es de 230 personas (en trenes de 32 metros de largo), de los cuales 65 viajan sentados (Robert R. Clark, 1984), mientras que Cervero, menciona que viajan, entre usuarios sentados y parados, un total de 225 usuarios. Un tren ligero pesa aproximadamente 40 toneladas y llega a casi 60 contando a los usuarios.

Los trenes ligeros que se desplazan en el mundo pueden medir desde 20 hasta 70 metros, transportando un aproximado de 900 y 1125 usuarios respectivamente. Asimismo, su

capacidad estimada de transporte por viaje (Pasajeros/Dirección/Hora) se encuentra entre los 12 mil y los 27 mil usuarios. Finalmente, existen sistemas que han llegado a los 28 mil usuarios por hora y sentido teniendo solamente 2 vagones juntos (44 metros aprox.), y que en la ciudad de Manila en horas pico se alcanza con trenes ligeros de tres cuerpos (60 metros aprox.) una capacidad mayor a 28 mil usuarios transportados por hora y sentido (Godard y Fatonzoun, 2002).

La velocidad máxima del tren ligero se encuentra entre los 60-80 km/h, sin embargo, para uso comercial, su velocidad promedio es de 40 km/h (Valley Transportation Authority, 2007) y según Cervero, el promedio del costo por kilómetro construido es de 21.5 millones de dólares y el promedio del costo operativo es de 7.58 millones de dólares anuales.

3.4.2. Experiencia Internacional

Según la Autoridad de Transporte del Valle (en adelante VTA), el tren ligero es la versión moderna de los tranvía que influenciaron el desarrollo de las ciudades y comunidades durante los dos últimos siglos. La ciudad en donde se utilizó por primera vez la electricidad para el desplazamiento de los tranvías fue en la ciudad de Berlín en el año de 1879, cuando el tranvía se componía de un vagón y 4 ruedas. El tranvía poco a poco fue haciéndose popular y su uso se expandió por todo el mundo.

Aunque si bien su producción tuvo un declive en los años posteriores a la segunda guerra mundial, a partir de 1980 hubo un crecimiento en su implementación, siendo los países de los Estados Unidos, Francia, España y Turquía, los que registraron una mayor implementación de éste sistema. Hasta el año 2015, 388 ciudades han adoptado el sistema LRT como transporte público de los cuales, 206 ciudades se encuentran en Europa, mientras que en Latinoamérica solo 3 ciudades cuentan con este sistema, los cuales son Mendoza en Argentina, Medellín en Colombia y Rio de Janeiro en Brasil, los dos últimos puestos en funcionamiento en el 2015 y 2016 (aperturado para los juegos olímpicos) respectivamente (Kable Business Intelligence Limited, 2015).

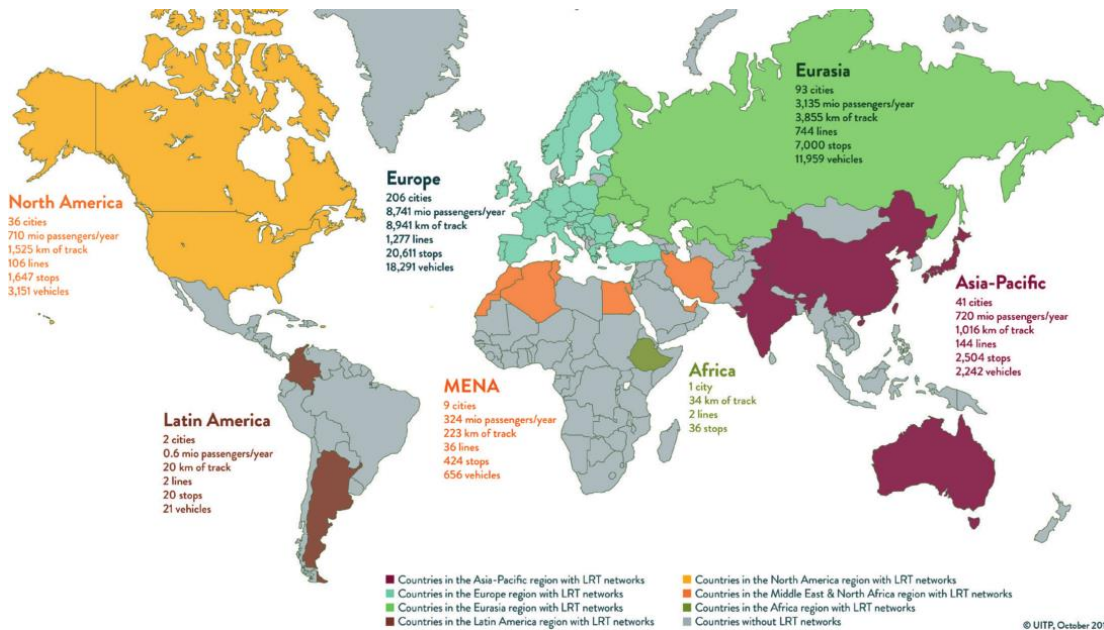


Figura 06. Ciudades que han adoptado el sistema LRT
 Fuente: UITP (2015)

En el 2003, los sistemas LRT de las ciudades estadounidenses de Boston, San Francisco y Los Ángeles, movilizaron diariamente a 230 mil ochocientos, 164 mil doscientos y 105 mil seiscientos pasajeros respectivamente. La ciudad de Boston es la segunda ciudad que transporta más pasajeros en todo el continente. La ciudad que lidera el mayor movimiento de usuarios es Toronto con 307 mil cien pasajeros diarios mediante streetcars considerados como trenes ligeros de menor tamaño (TRB, 2003). Actualmente, los streetcars, que cuentan con muchos años operando, están siendo reemplazados por trenes ligeros modelo Flexity de la compañía Transportation Bombardier, el cual puede transportar a un máximo de 243 pasajeros (Toronto Transit Commission, 2015) carga mayor al LRT de Barcelona.

Ambos sistemas, que cuentan con características muy similares, los diferencia el tema económico que suele favorecer al BRT debido a su coste de implementación menor, principalmente en países subdesarrollados. Pero la pregunta es: ¿qué tan cierto es que el sistema LRT sea un sistema caro? Como ya se mencionó, los sistemas BRT empleados en ciudades como Bogotá y Curitiba vienen enfrentando diversos problemas debido a la aglomeración. En la primera ciudad ya se inició la construcción de un metro soterrado para reducir la aglomeración mientras que en Curitiba el aumento del uso del auto propio continua y la especulación sobre la aplicación de un sistema LRT aumenta. Ante la aglomeración, diversos estudios afirman que aumentando la ruta de los BRT, se combatiría la aglomeración debido a que se pondría a disposición un número mayor de buses BRT en la ruta y con ello disminuir la aglomeración. Sin embargo, el TransYakarta no pudo con la aglomeración a pesar de ser la ciudad con mayor extensión de vías en el mundo y por ende disponer de un número mayor de buses para reducir la frecuencia.

OC Transpo, la autoridad que administra el transporte en Ottawa, ha implementado en el 2001 un servicio de tren de ocho kilómetros de extensión llamado Trillium en una vía de alto tránsito para promover una alternativa a los usuarios del BRT y reducir la aglomeración.

Actualmente se está construyendo en Ottawa el primer sistema LRT de la ciudad a cargo de Alstom y un modelo de tren denominado Spirit el cual se prevé su inauguración para el año 2018, con características de los trenes ligeros que operan en Norteamérica (40-50 metros de largo frente a los 32 metros en promedio de los trenes ligeros de Europa) los cuales reemplazarían a los BRT de la ciudad. Un documento realizado por el ente que maneja el transporte de la ciudad que compara el desempeño del BRT y LRT, hace un énfasis en que si bien los costos de capital para la ejecución del LRT son mayores al BRT, depende mucho de la extensión y la naturaleza del servicio, implicando los costos de operación más bajos si es que los vehículos LRT operan ante una demanda significativa, reduciendo los costes del ciclo de vida y el costo por pasajero/kilómetro (Toronto Transit Commission, 2015). Asimismo, el documento resalta la importancia del sistema por poseer características más sostenibles y ser menos ruidosa que el BRT. Y es que efectivamente los LRT no son factibles al corto plazo si es que no existe una demanda que justifique lo invertido, motivo por el cual es importante que para el éxito del LRT, se realice un estudio enfocado principalmente en la demanda y la duración del sistema que compense lo apostado por el gobierno local ya que su éxito radica básicamente en éstos dos componentes.

Al no existir ciudades latinoamericanas que cuenten con el sistema LRT funcionando durante varios años, por temas de acceso a la información y por haber tenido éxito en su gestión en sus ámbitos correspondientes, he escogido las ciudades de Barcelona y Los Ángeles, ubicadas en los países de España y Estados Unidos respectivamente.

3.4.2.1. Barcelona, España

La región metropolitana de Barcelona tuvo en el 2015 una población de cinco millones, 537 mil 674 habitantes y el municipio de Barcelona, capital de la provincia homónima, un millón 604 mil 555 habitantes y una densidad poblacional de 15.832 hab./km² (Instituto de Estadística de Catalunya, 2015).

El LRT opera desde el 2004 a cargo de las empresas Tramvia Metropolità S.A. y Tramvia Metropolità del Besòs S.A, los cuales se les encargó la construcción y la consecuente explotación del sistema ferroviario en un periodo de 25 años. Ambas empresas son reguladas por la Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM) de Barcelona, el cual es un consorcio integrado por la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Barcelona y la Entidad Metropolitana del Transporte (Lussich, 2005).



Figura 07. TRAM de Barcelona
Fuente: Ayuntamiento de Barcelona (2015)

El proyecto original, el cual fue concebido en su momento por la entidad Metropolitana del Transporte, comprendía un trazado que cubría toda la avenida diagonal de Barcelona, específicamente entre la Zona Universitaria y el Centro Diagonal Mar (Lussich, 2005). Sin embargo, el sistema fue finalmente dividido en dos redes independientes, a una distancia aproximada de 3.8 kilómetros entre sí, y ubicándolos en los extremos de la avenida Diagonal; Ambas rutas fueron denominadas Trambaix y Trambesós.

Trambaix

El Trambaix inicia su recorrido en la plaza Fransesc Macià en dirección a Sant Feliu I Consell Comarcal mediante un tramo o tronco común y tres ramificaciones que se desprenden fuera del municipio de Barcelona denominadas T1, T2 y T3. Cuenta con un recorrido total de 15.1km, 29 paradas donde tres de ellas son intercambiadores con estaciones de metro, 17 tranvías operativos de un total de 19 que se desplazan a una velocidad comercial de 18.30 kms/hora, siendo la línea T3 la que alcanza mayor velocidad en el tramo Fransesc Macià – Sant Feliu I Consell Comarcal.

La frecuencia asignada en día laborable es la siguiente:

- De 5:00 a 7:00 horas: las líneas T2 y T3 parten cada 30 minutos (T1 da servicio solo en el lapso de 7:00 a 22:00 horas), con una frecuencia entre si de 15 minutos en el tronco común.
- De 7:00 a 10:00 horas: las líneas T1,T2 y T3 parten cada 12 minutos, con una frecuencia de 4 minutos en el tronco común entre las 3 líneas.
- De 10:00 a 22:00 horas: las líneas T1,T2 y T3 parten cada 15 minutos, con una frecuencia entre ellas de 5 minutos en el tronco común.
- De 22:00 horas a fin de servicio: líneas T2 y T3 parten cada 30 minutos con una frecuencia de 15 minutos en el tronco común. (TRAM, 2016).

Trambesòs

El Trambesòs parte desde la plaza de las Glorias y se compone de tres ramificaciones denominadas T4, T5 Y T6, teniendo entre si una extensión de 14.1 kilómetros, asimismo cuenta con 27 paradas, 18 tranvías y se desplaza a una velocidad comercial de 18.40 Km/hora, siendo la T5, y su ruta Glorias-Gorg, la que registra mayor velocidad.

La frecuencia de los trenes ligeros en día laborable es la siguiente:

- De 5:00 a 6:00 horas: Línea T4 cada 20 minutos y la línea T5 cada 30 minutos.
- De 6:00 a 7:00 horas: Línea T4 cada 15 minutos, T5 y T6 cada 30 minutos; tronco común T5 y T6 tienen una frecuencia de 15 minutos.
- De 7:00 a 10:00 horas: T5 cada 10,7 minutos y T6 cada 24 minutos; tronco común T5 y T6 a una frecuencia de 8 minutos.
- De 7:00 a 21:00 horas: La Línea T4 parte cada 8 minutos.
- De 10:00 a 13:00 horas: Línea T5 parte cada 17 minutos y la línea T6 cada 32 minutos.
- De 13:00 a 21:00 horas: Línea T5 parte cada 10,7 minutos y la T6 cada 24 minutos; la frecuencia en el tronco común entre las líneas T5 y T6 es de 8 minutos.
- De 21:00 a 22:00 horas: Línea T4 parte cada 20 minutos, T5 y T6 cada 30 minutos.
- De 22:00 horas a fin de servicio: Línea T4 parte cada 20 minutos y T5 cada 30 minutos.

La figura 08 muestra el recorrido de las dos redes independientes del tren ligero en los extremos de la avenida Diagonal así como el emplazamiento de sus rutas fuera de la avenida Diagonal y la ubicación de la totalidad de las estaciones existentes. Se puede apreciar que, a diferencia del Trambaix, el Trambèsos no cuenta con una ruta troncal predominante y por ello la multiplicidad de horarios.

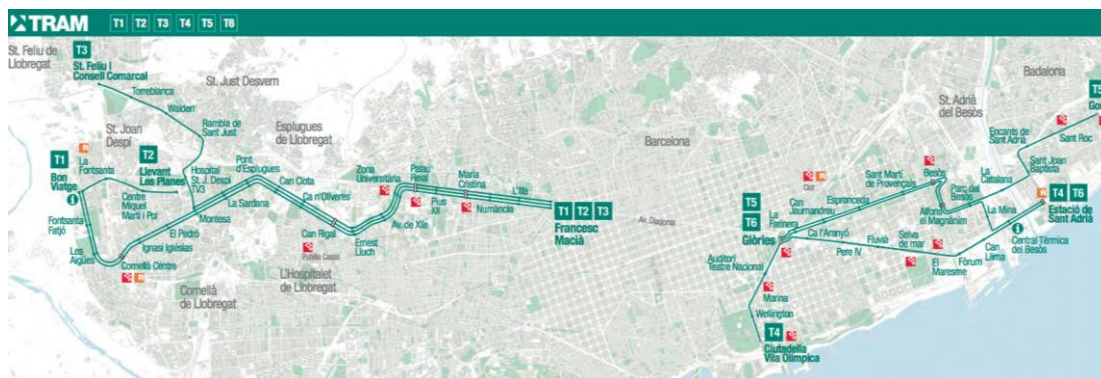


Figura 08. Recorrido de las dos rutas del TRAM de Barcelona
Fuente: TRAM (2016)

Las características en común de los trenes ligeros que operan en ambas líneas es la siguiente: De marca francesa Alstom y modelo Citadis 302, el tren ligero de Barcelona cuenta con cinco módulos articulados que juntos tienen una longitud de 32 metros. Cuentan con un piso bajo para que personas con habilidades distintas puedan ingresar, un ancho de 2.65 metros y seis puertas en cada lado (Tram, 2016). La capacidad máxima establecida en el tren ligero de Barcelona es de 218 personas (4 personas/m²) y se moviliza mediante energía eléctrica, originando emisiones muy bajas de CO₂ dentro de la ciudad a diferencia de otros sistemas de transporte público que utilizan diesel. El tranvía se desplaza parcialmente mediante una vía segregada ya que el tren ligero cuenta con secciones que comparte con otros sistemas de transporte público (intersecciones viales). Cabe destacar que el funcionamiento del tren ligero, al igual que todo el sistema de transporte de Barcelona, se encuentra subvencionado por la ATM.

La información de la siguiente tabla es la unión de ambas rutas tomando los datos más altos registrados en cada sistema:

SISTEMA LRT - BARCELONA	Características	Longitud total Capacidad Máxima (5 módulos) Demanda Hora pico troncal (Pasajero/Hora/dirección) Total de pasajeros transportados diariamente Velocidad Comercial Promedio Frecuencia Hora Valle Frecuencia Hora Pico Costo total por Infraestructura (Euros por km)	30 Kilómetros 218 personas (4 pers/m ²) 3 mil usuarios 89 mil usuarios 18 km/h 5 minutos 4 minutos -
	Vía		Segregada
	Material Movil	Marca Tipo Piso Costo Promedio de tren ligero Propulsión	Alstom, Modelo Citadel 302 Tren ligero de 5 módulos - 32 metros A nivel - Energía Eléctrica
	Flota		35 tranvías
	Billetes	Precio Venta Validación	1.00 euro en promedio Estación (Tarjeta Inteligente) En el Tren Ligero

Tabla 3. Características del Tren Ligero de Barcelona
Fuente: TRAM (2016)

En la figura 09 se puede apreciar la evolución y crecimiento de la demanda de las dos rutas del TRAM de Barcelona desde sus primeros años de operatividad. En el año 2014, el tranvía tuvo la cifra más alta de viajeros desde su fundación, registrando un total de 24 millones 493 mil 598 usuarios transportados al año, siendo la zona del Trambaix la que movilizó mayor cantidad de usuarios, los cuales sumaron 16 millones 343 mil 101 usuarios, mientras que el Trambesòs movilizó ocho millones 150 mil 497 usuarios.

PERÍODE	TRAMBAIX	TRAMBESÒS	TOTAL DEMANDA
2004	5.752.261	1.838.059	7.590.320
2005	10.216.391	2.818.801	13.035.192
2006	12.835.835	4.103.577	16.939.412
2007	14.267.794	6.587.936	20.855.730
2008	15.665.985	7.503.397	23.169.382
2009	16.266.037	7.679.556	23.945.593
2010	15.835.723	7.985.513	23.821.236
2011	16.142.463	8.053.511	24.195.974
2012	16.000.347	7.661.827	23.662.174
2013	16.061.000	7.721.095	23.782.095
2014	16.343.101	8.150.497	24.493.598
TOTAL	155.386.937	70.103.769	225.490.706

Figura 09. Demanda de Usuarios del TRAM de Barcelona
Fuente: TRAM de Barcelona

Según la encuesta de movilidad en día Laborable en la RMB (EMEF por sus siglas en inglés) el tren ligero fue el modo de transporte público mejor valorado por los residentes de Barcelona obteniendo un puntaje de 7.7 de 10. (Autoridad del Transporte Metropolitano, 2015).

Actualmente, el ayuntamiento de Barcelona ha encargado un estudio técnico para la implementación de un sistema en el tramo que divide ambas líneas del TRAM, el cual según el encargado de los estudios técnicos, Oriol Altisench, entre diversas opciones estudiadas (tren ligero en superficie o metro soterrado, ambos bajo el mismo trazado, un trayecto por calles adyacentes a la Av. Diagonal o la aplicación de autobuses eléctricos), se concluyó en que el tren ligero en superficie es el sistema con un impacto económico, social y ambiental más positivo que el resto de las alternativas ya mencionadas, teniendo además un retorno socioeconómico mayor al resto de un 11% (El Digital, 2016). El coste de la construcción del tranvía a nivel se calcula en 105 millones de euros, el cual la mitad corresponde a la infraestructura y la urbanización de las zonas afectadas, mientras que la otra mitad al material móvil. Asimismo, su explotación y mantenimiento anual registraría alrededor de 6.1 millones de euros (El País, 2016). Si bien el coste por la implementación de autobuses que trabajan mediante la electricidad es de 20 millones de euros, la elección por el tranvía radica en la demanda que el sistema puede abarcar.

Según el estudio técnico realizado, el tranvía en superficie transportaría a 222 mil viajeros al día mientras que los autobuses eléctricos 49 mil viajeros. Debido a que el tren ligero transportaría más usuarios, este lograría retirar diariamente aproximadamente a 12 mil 500 vehículos privados de la calle, frente a los 1,800 vehículos privados que lograrían los autobuses eléctricos (El País, 2016). Respecto al tema ambiental y social, la aplicación del sistema significaría la reducción de 2 mil 300 toneladas de CO₂, un ahorro de tiempo de 2.5 minutos por usuario al día y un descenso de la congestión de tráfico del 0.4% en toda la ciudad (El Periódico, 2016). La última palabra respecto a la puesta en marcha de la ejecución de la ampliación del LRT se encuentra en el gobierno municipal catalán.

3.4.2.2. Boston, Estados Unidos

Los trenes ligeros que operan en Norteamérica, a diferencia de su pares europeos, cuentan con diferentes empresas proveedoras de trenes (Breda, Siemens y Bombardier entre sus proveedores) y en su mayoría con mayor tamaño y por ende mayor carga de pasajeros. Conocido como la Línea Verde de Boston (en adelante LVB) o Boston's Green Line, registró en el 2001 alrededor de 230 mil viajes diarios, sosteniendo desde ese entonces el rótulo de sistema con más carga de pasajeros de los Estados Unidos (TRB, 2003), ocupando la misma posición hasta hoy.

La LVB (línea verde de la figura 10) forma parte del sistema Rapid Transit (llamado así por la MBTA que es la autoridad del transporte de esa ciudad), el cual es el conjunto de trenes de alta capacidad, trenes ligeros y Trolleys (Trams).

La línea se desplaza en antiguos rieles de los tranvías que operaban en dicha ciudad, con algunos tramos con más de 100 años, donde se estima residen alrededor de cuatro millones 628 mil 910 habitantes en la zona metropolitana y registrando una densidad de 5,344 hab./km². La LVB cuenta con una ruta de 37 kilómetros que se descompone en 4 ramificaciones, 66 estaciones, una flota de 204 trenes ligeros de marca Breda y Kinki Sharyo (en adelante KS) y un promedio diario de 231 mil usuarios (MASSDOT, 2015).

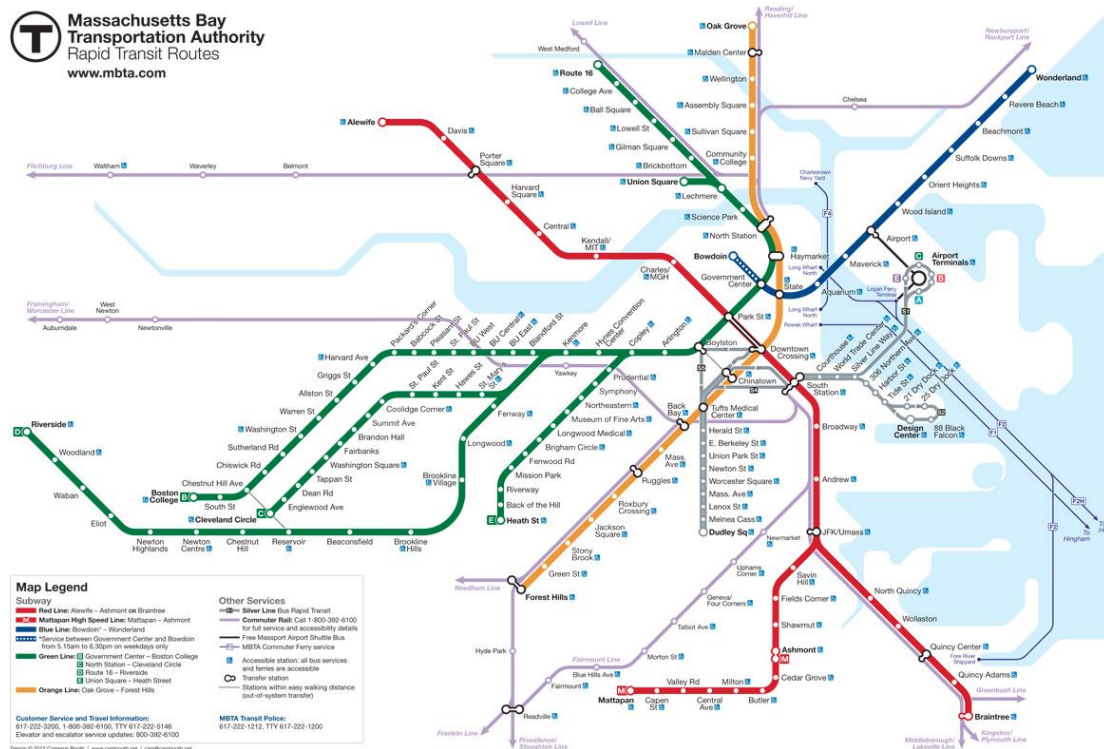


Figura 10. Rutas del Sistema Rapid Transit, Boston
Fuente: MBTA (2012)

En la actualidad, el sistema transporta 219 mil 741 usuarios, menor a lo registrado en el 2001 y con el 55% de las estaciones sin acceso para discapacitados. Debido a que los trenes de marca KS y Breda fueron importados en 1982 y 2000, en la actualidad vienen registrando problemas operativos ya que muchos han sobrepasado su ciclo de vida, donde de los 204 vehículos, solo 195 se encuentran en pleno funcionamiento. La frecuencia de los trenes según MASSDOT (2015) es la siguiente:

En hora pico: Headway de 6 a 7 minutos en las ramificaciones y de 1 a 2 minutos en la troncal.
En hora valle: Headway de 8 a 10 minutos en las ramificaciones y de 2 a 3 minutos en la troncal.

Fin de semana, Headway de 7 a 12 minutos en las ramificaciones y de 2 a 3 minutos en la troncal.

Respecto a las características del LVB mostradas en la tabla 4, se evidencia la ya mencionada mayor capacidad de los trenes ligeros que aquí se desplazan. A diferencia de la mayoría de los trenes ligeros europeos, la LVB emplea trenes que se componen entre uno a tres cuerpos (3 – car train) teniendo cada vagón una extensión de 22 metros y siendo principalmente el tren de tres cuerpos el más utilizado, llevando entre sí un total de 303 usuarios. Sin embargo, en horas pico, el máximo de pasajeros transportados estimado es de 269 pasajeros por vagón (7 pers./m²), transportando un total de 807 personas. Asimismo, el sistema transporta diariamente a 1 millón 154 mil 775 usuarios, donde la LVB presenta un promedio diario de 231 mil usuarios (Massachusetts Bay Transportation Authority, 2014), registrando más usuarios transportados que cualquier ruta de tren pesado de la ciudad (heavy rail).

SISTEMA LRT - BOSTON	Características	Longitud total	37 kilómetros
		Capacidad Máxima por módulo	157 cada módulo (pico máximo de 269 usuarios)*
		Demanda Hora pico troncal (Pasajero/Hora/dirección)	11 mil usuarios**
		Total de pasajeros transportados diariamente	231 mil usuarios
		Velocidad Comercial Promedio	22km/h
		Frecuencia Hora Valle	8-10 min. Ramif. / 2-3 min. Troncal
		Frecuencia Hora Pico	6-7 min. Ramif. / 1-2 min. Troncal
		Costo total por Infraestructura (Euros por km)	-
		Vía	segregada parcialmente
		Material Movil	Kinki Sharyo Tipo 7 LRV / Ansaldo Breda tipo 8 LRV Tren ligero de 2 secciones - 44 metros A nivel parcialmente
		Costo Promedio de tren ligero	-
		Propulsión	Energía Eléctrica
	Flota		204***
	Billetes	Precio	2.69 euros (ticket de un solo viaje)
		Venta	Estación (Tarjeta Inteligente)
		Validación	Estación (Tarjeta Inteligente)

Tabla 4. Características del Tren Ligero de Boston
Fuente: TRB (2003), MBTA (2014)*, MBTA (2014)**

Entre las acciones tomadas por la MBTA, se destaca la ampliación de la ruta desde la estación Lechmere hasta la estación College Ave (en la figura 33 se encuentra incluida), el cual se proyecta su culminación para el 2020 y que derivaría en el aumento de 50 mil nuevos viajeros al sistema. Para compensar el aumento de la ruta, se ha ordenado la compra de 24 nuevos vehículos tipo 9 marca CAF. La ampliación del sistema no ha sido bien vista por parte de diversas instituciones debido a su alto coste (3 mil millones de dólares) el cual, dicen, hubiera sido más conveniente destinar ese dinero a la mejora del sistema.



Figura 11. Izquierda: Tren Ligero tipo 8 – Ansaldo Breda. Derecha: Tren Ligero tipo 9 – CAF
Fuente: MBTA (2011), CAF (2015)

Dentro de los inconvenientes que presenta el sistema, el mayor problema ha sido el retraso de los trenes debido al mal tiempo (nieve) que ha suscitado en el decrecimiento de usuarios en el sistema, el cual presentó en comparación del año pasado, una reducción del 11.5% de la demanda (MASSDOT, 2015). El estado actual de los trenes ligeros y la carencia de accesibilidad para personas con habilidades distintas en gran parte de sus estaciones (32 de las 66 estaciones son accesibles), son otros problemas presentados en el sistema.

Customer Survey: Green Line

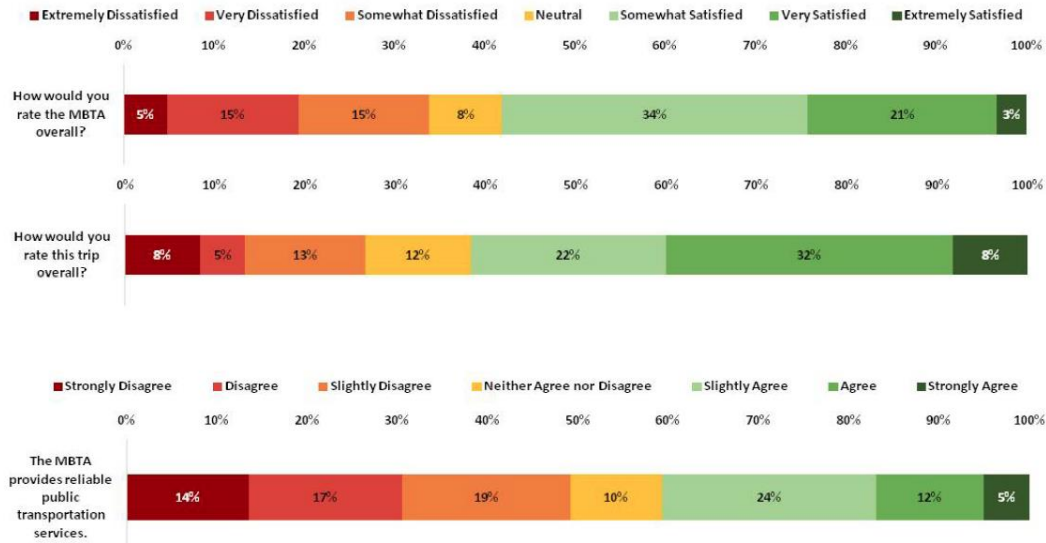
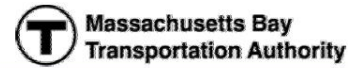


Figura 12. Encuesta al Usuario: Green Line - Boston
Fuente: MBTA (2015)

Finalmente, el 50% de las personas encuestadas por la MBTA evidencia cierta desconfianza de todo el sistema (tren ligero y pesado, trolley y buses) debido a los problemas ya comentados. Sin embargo, respecto al desempeño brindado de todo el sistema, se registró un 58% de opiniones favorables. Respecto a los viajes realizados por los usuarios en la LVB, se tuvo un 62% de opiniones favorables, de los cuales, un 32% consideró el viaje como excelente (Extremely Satisfied), lo cual es destacable, ya que al ser la línea con mayor viajes registrados, a pesar de los problemas, los usuarios lo perciben con una línea con un buen servicio.

Capítulo 4: ESTADO DE LA CUESTIÓN – LIMA METROPOLITANA

4.1. Estructura Geográfica y Territorial

Lima Metropolitana se encuentra dentro del Departamento y Provincia de Lima. Es una ciudad costera que limita con las siguientes provincias: por el norte con Huaral; por el este, Canta y Huarochirí; por el sur, Cañete; y por el oeste, la provincia constitucional del Callao y el Océano Pacífico. Cuenta a la vez con tres cuencas hidrográficas, provenientes de la cordillera de los Andes, donde transcurren los ríos Chillón, Rímac y Lurín, ubicados en la zona norte, centro y sur respectivamente de la ciudad de Lima.

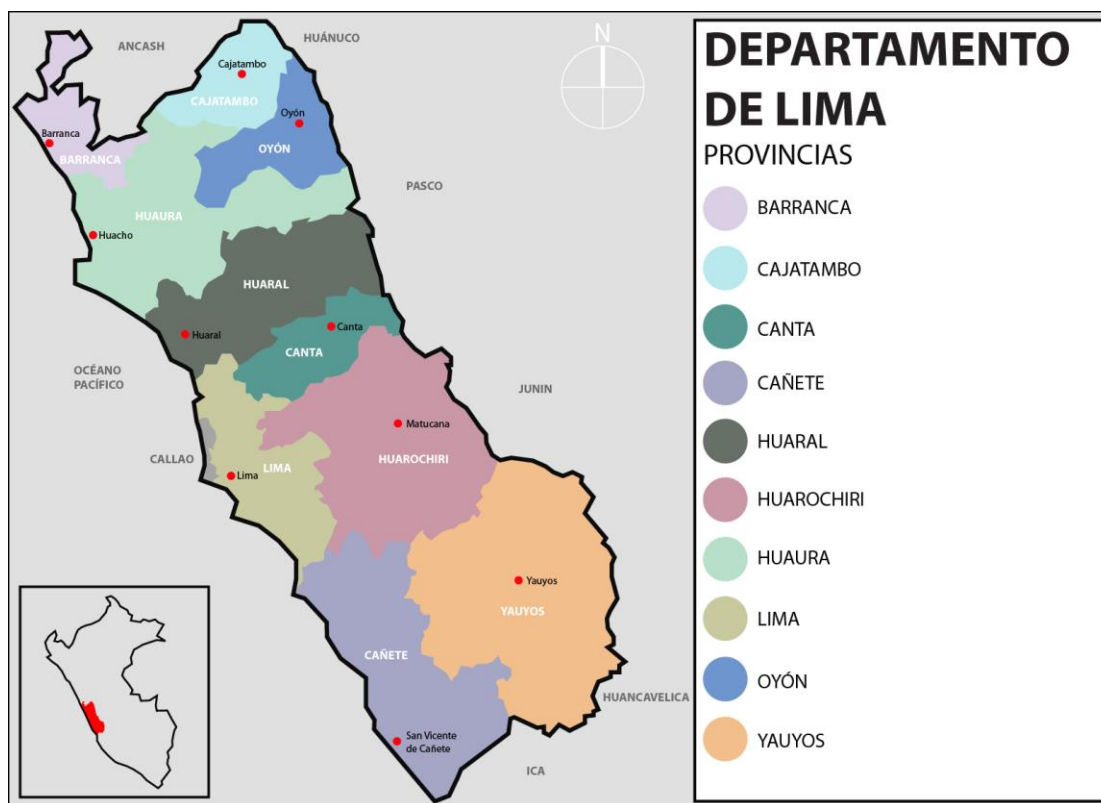


Figura 13. Departamento de Lima - Provincias
Fuente: Lima Como Vamos, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Elaboración Propia

La extensión territorial del departamento de Lima es de 39,945.00 kilómetros cuadrados, equivalente al 3.08% del territorio nacional (Centro Nacional De Planeamiento Estratégico, 1999), teniendo solamente el área metropolitana una extensión total de 2,670.00 kilómetros cuadrados y con una extensión aproximada de 130km de costa de playas.

4.2. Composición Distrital

Lima Metropolitana se compone de 43 distritos y se le ha dividido en cuatro zonas interdistritales: Lima Norte, Lima Sur, Lima Centro y Lima Este (Centro Nacional De Planeamiento Estratégico, 2013). En la siguiente imagen se detallan las zonas y los distritos que las componen. Para el presente estudio se ha tomado en cuenta el área perteneciente a la Provincia Constitucional del Callao denominado Lima Oeste y los siete distritos que lo conforman.

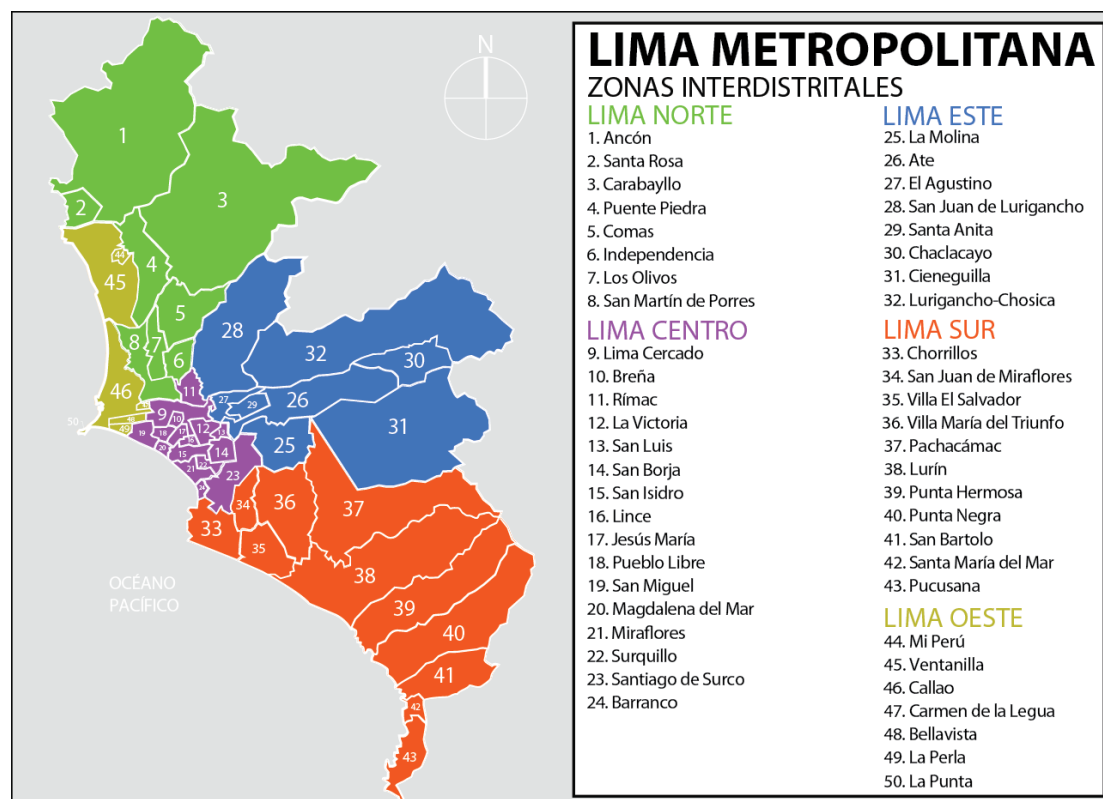


Figura 14. Zonas Interdistritales de Lima Metropolitana
Fuente: Lima Como Vamos, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Elaboración Propia

Los distritos con menor superficie se encuentran principalmente en la Lima Centro mientras que los de mayor superficie se encuentran en la periferia de la ciudad, siendo el distrito de Carabaylo, ubicado al norte de la ciudad de Lima, el que cuenta con mayor superficie (347 km²), seguido por Lurigancho, Cieneguilla, Lurín, Pachacámac, San Juan de Lurigancho, Punta Negra y Punta Hermosa. Todos los distritos mencionados cuentan con una superficie mayor a los 100 km².

4.3. Situación Demográfica

La población del Perú, según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística e Informática, alcanzó el año 2015 llegó a los 31 millones 151 mil 175 habitantes y se ha calculado que el crecimiento promedio de nuevos habitantes ha sido de 339 mil personas por año. Lima Metropolitana cuenta con nueve millones 904 mil habitantes, representando el 31.79% de la población total del país, siendo San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Ate y Comas, los distritos que sobrepasan los 500 mil habitantes.

LIMA METROPOLITANA

CRECIMIENTO POBLACIONAL

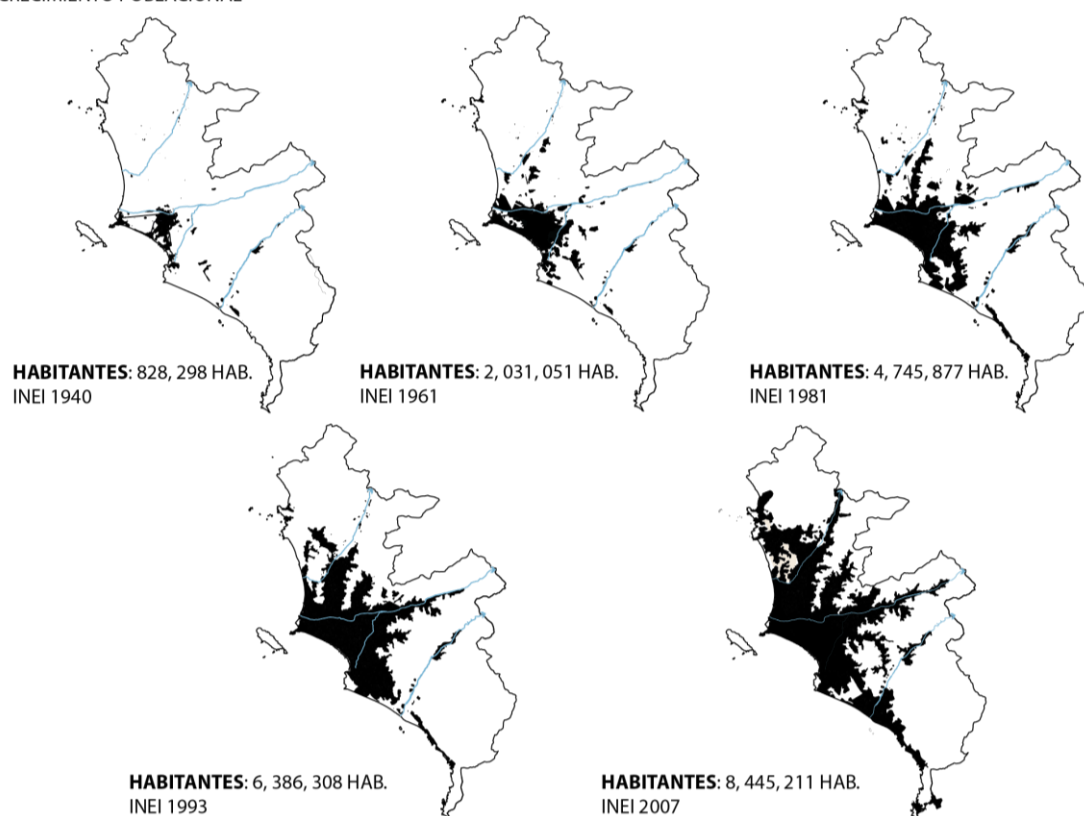


Figura 15. Lima Metropolitana – Crecimiento Poblacional desde 1940 según Censos del INEI
Fuente: Municipalidad de Lima, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Elaboración Propia

Según los dos últimos censos de población realizados por el INEI, la población de la provincia de Lima en el área urbana se ha incrementado de cinco millones 681 mil 941 habitantes en 1993, a siete millones 596 mil 58 habitantes en el 2007, mientras que en la zona rural, de tener 24 mil 186 habitantes en 1993, pasó a contar solamente nueve mil 684 habitantes en el 2007. Este patrón de decrecimiento demográfico acaecido dramáticamente en la zona rural explica el rápido crecimiento de población en el área metropolitana de Lima.

Comparando las cifras del último censo nacional realizado el año 2007 con los anteriores censos, el número de habitantes en la zona metropolitana aumentó considerablemente principalmente en las zonas periféricas de la ciudad, mientras que la Lima Centro continuó sin experimentar mayores cambios.

Estas tendencias demográficas por áreas interdistritales son la expresión del crecimiento horizontal de la provincia impulsado principalmente por la migración interna que se desplazó a éstas áreas debido a la violencia ocurrida esos años a causa del terrorismo y la pobreza que existía en el interior del país (Centro Nacional De Planeamiento Estratégico, 2013).

La Municipalidad de Lima también ha previsto las zonas que se encuentran expuestas a la expansión de la ciudad, llamadas también áreas de presión de ocupación, y por ende, a la ocupación de futuros habitantes, consecuencia de la expansión horizontal hacia las zonas circundantes a Lima Centro. Y es que mientras que las zonas centrales metropolitanas, originalmente habilitadas para usos residenciales de media y baja densidad inician un proceso de densificación que trae consigo un cambio tipológico que va desde la vivienda unifamiliar a la multifamiliar, las áreas periféricas, por su parte, se encuentran sujetas a un crecimiento expansivo por agregación continua. Ésta expansión motivaría al gobierno local la implementación de sistemas básicos como luz y agua así como una red de transporte que permita a los habitantes de aquellas zonas movilizarse sin problemas hacia el centro de la ciudad el cual presenta mayor número de sub-centros, tema que se explicará más adelante.

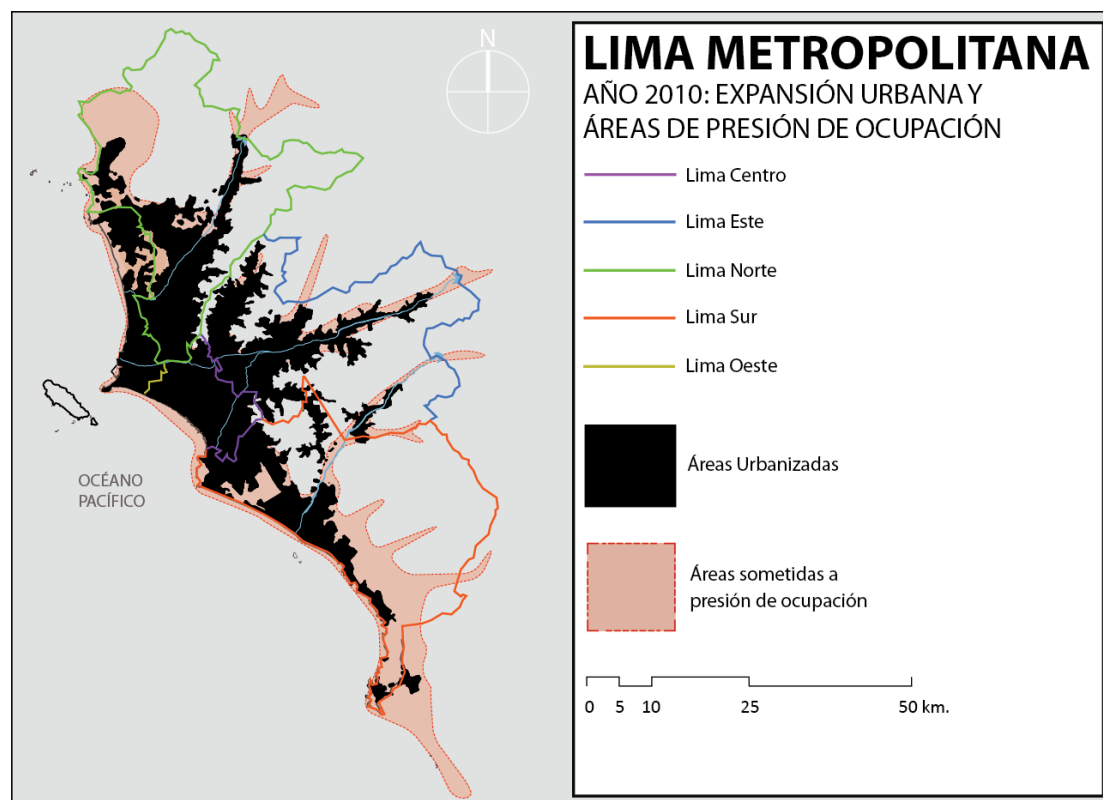


Figura 16. Lima Metropolitana – 2010: Expansión Urbana y áreas de Presión de Ocupación
Fuente: Municipalidad de Lima
Elaboración Propia

En la figura 17 se detalla la cantidad de habitantes por distrito a partir de las estadísticas de población por distrito realizadas por el INEI en el año 2015. De las estadísticas, se pudo determinar que los distritos más populosos se encuentran en la zona norte, este y sur, siendo San Juan de Lurigancho, perteneciente a Lima Este, el distrito más populoso de Lima con una población de un millón 93 mil 30 habitantes.

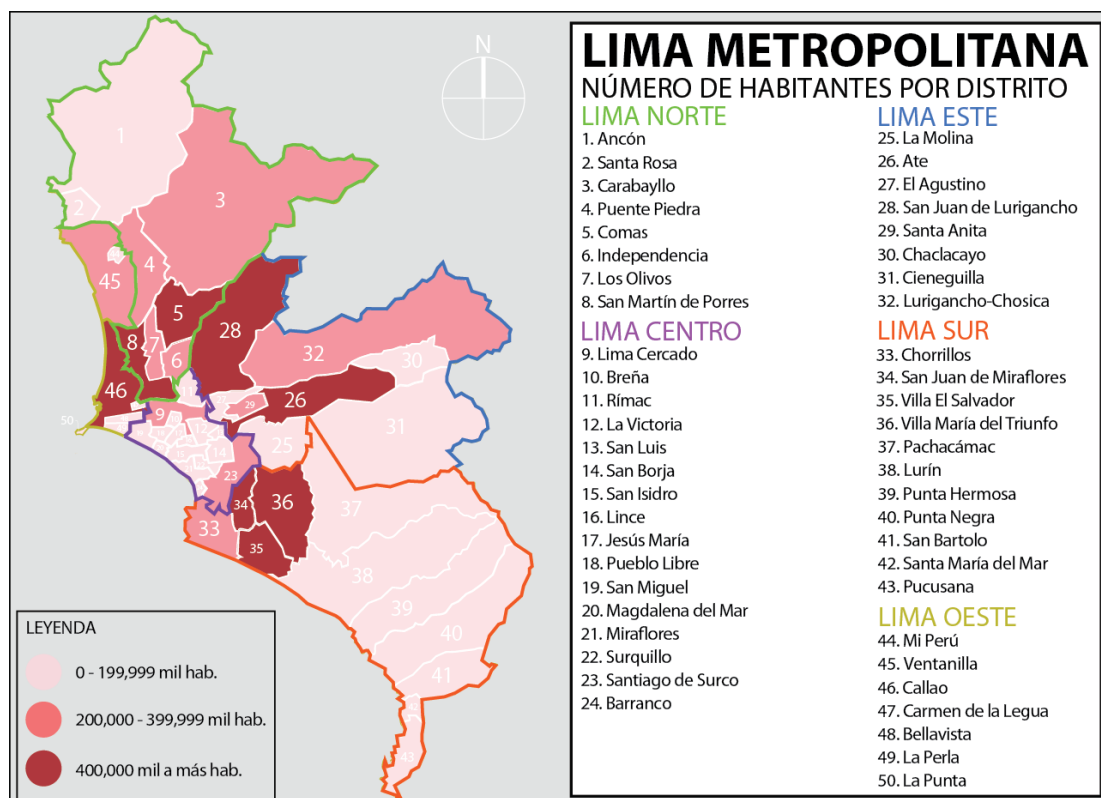


Figura 17. Número de Habitantes por Distrito
Fuente: Lima Como Vamos, Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Elaboración Propia

De éstas cuatro zonas, Lima Este y Lima Norte son la zonas con mayor número de habitantes, teniendo una población de dos millones 619 mil 814 habitantes y dos millones 475 mil 432 habitantes respectivamente. Respecto a la densidad poblacional de la ciudad, se ha comparado la información del último censo realizado en el 2007 con las estimaciones del INEI para el año 2015 de las zonas interdistritales.

DENSIDAD INTERDISTRITAL 2007 / 2015					
ZONIFICACIÓN INTERDISTRITAL	KM2	POBLACIÓN		HAB / KM2	
		2007	2015	2007	2015
CIUDAD DE LIMA	3,421	8,486,866	9,904,727	2,481	2,895
LIMA CENTRO	186.77	2,128,334	1,843,760	11,395	9,872
LIMA SUR	1288.18	1,281,360	1,897,786	995	1,473
LIMA ESTE	959.96	2,123,961	2,622,306	2,213	2,732
LIMA NORTE	856.67	2,076,334	2,530,560	2,424	2,954
LIMA OESTE	129.35	876,877	1,010,315	6,779	7,811

Tabla 5. Evolución de la Densidad Interdistrital: 2007 - 2015
Fuente: INEI (2007 y 2015)

De los datos obtenidos, Lima Centro continua siendo la zona más densa de Lima con 9,871 hab. / km2., sin embargo, respecto al año 2007, ha presentado un decrecimiento significativo en su población y por ende en su densidad que llegó a registrar alrededor de 11,395 hab./km2. Por otra parte, Lima Norte en el 2015 ha registrado una densidad de 2,953 hab./km2,

superando a lo registrado en Lima Este que presentó una cifra superior en el 2007, y colocándose por debajo de Lima Norte. Las otras tres zonas también han elevado sus densidades debido al aumento de población en general. Dentro de las consideraciones, cabe resaltar que la superficie indicada en la tabla es la total, incluyendo las zonas no urbanizadas de los distritos. Hay que tomar en cuenta también que las zonas Norte, Este y Sur cuentan con mayor superficie y por ello la densidad puede variar significativamente viéndose reducida. En cambio, Lima Centro, con una menor superficie, se encuentra urbanizado casi en su totalidad (ver figuras 17 y 18) no existiendo pérdida de densidad.

Sin embargo, si tomamos la densidad de cada distrito individualmente, se puede observar los distritos más densos, ubicados principalmente en Lima Centro y Lima Norte y la caída de la misma en los distritos más alejados del centro.

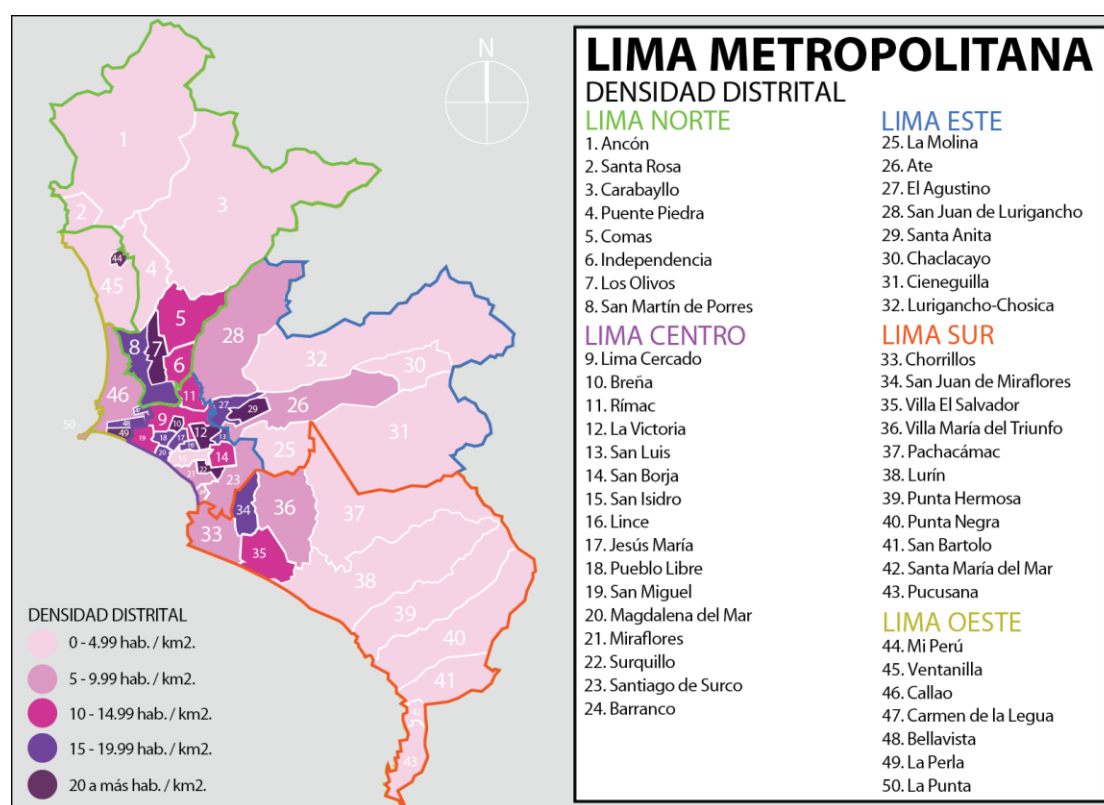


Figura 18. Densidad Distrital

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015)

Elaboración Propia

Se considera relevante para el estudio la densidad de Lima ya que la marcada tendencia de crecimiento poblacional en la periferia y la reducción de la misma en el centro, en lugar de la densificación o consolidación de las zonas urbanas de Lima metropolitana, marcan un patrón de movilidad y crecimiento interesantes ya que la zona con mayor productividad económica, el cual se encuentra en Lima Centro y que se explicará más adelante, necesita que se implementen nuevas vías o sistemas de transporte que puedan transportar a las personas hacia el centro así como programas de densificación de las zonas ya consolidadas, evitando la expansión horizontal de la ciudad.

4.4. Clima y Calidad del Aire

La temperatura de la ciudad limeña, al igual que muchas ciudades del mundo, viene registrando un aumento debido al calentamiento global. La temperatura media del año 2012 fue 1°C mayor con respecto a su valor climático (...) con una temperatura ligeramente superior a lo normal. La temperatura media del mismo año fue de 19.7 °C, registrando el verano una temperatura máxima media de 26 °C y el invierno una mínima media de 15.9 °C (Senamhi, 2014).

Respecto a la calidad de aire, el uso del transporte público y su impacto ambiental es el resultado del uso de energía en forma de combustibles fósiles. La combustión incompleta de combustibles fósiles como el petróleo en los autos produce una variedad de contaminantes, incluyendo monóxido de carbono, compuestos volátiles orgánicos, varios óxidos de nitrógeno (precursores de la contaminación de la capa de ozono) y partículas finas. (Greene y Wegener, 1997).

Dentro del conjunto de diversas partículas y compuestos que contaminan el aire, se tomará principal atención en las partículas finas denominadas PM_{2.5}. Los PM_{2.5} son partículas respirables presentes en la atmósfera de forma sólida o líquida (...) las cuales están constituidas por un diámetro aerodinámico inferior o igual a los 2,5 micrómetros (de allí la denominación), es decir, 100 veces más delgadas que un cabello humano, teniendo su origen en las emisiones generadas en vehículos que utilizan como combustible el diesel. Ellas están compuestas por elementos tóxicos como metales pesados y compuestos orgánicos en comparación de las partículas más grandes como las PM₁₀. Estas partículas, por sus características, hacen más fácil su penetración en las vías respiratorias, generando en las personas en el largo plazo incrementos en la morbi-mortalidad de la población expuesta, al creciente desarrollo del asma, alergias entre la población infantil, ataques cerebrales e infartos. (Linares y Díaz, 2008).

Según el Organismo Mundial de la Salud, la ciudad de Lima registró en el año 2014 un promedio de 38 ug (microgramos) de PM_{2.5} por metro cúbico, sobrepasando el límite de 25 ug/m³ (24 horas) permitido por ésta organización, convirtiéndose en la capital sudamericana con los peores índices de calidad ambiental. Asimismo, de acuerdo a la subdivisión interdistrital, se detectó que Lima Norte contaba con 58 ug/m³, Lima Este con 36 ug/m³ y Lima Sur con 29 ug/m³. Todas estas zonas sobrepasan lo establecido por la OMS, sin embargo, los datos registrados en Lima Norte son alarmantes ya que duplican el límite permitido por el OMS. El estudio de calidad del aire realizado por el Ministerio de Salud en la temporada de verano e invierno del año 2011, cuatro años antes del informe de la OMS, ya registraba índices altos de contaminación, principalmente por parte del material particulado PM_{2.5}, siendo la zona más afectada la zona Lima Norte.

La siguiente figura detalla la calidad del aire en la temporada de verano del año ya mencionado y que grafica la magnitud del problema en todo el área metropolitana de Lima, principalmente en la ya mencionada Lima Norte, siendo los distritos de Comas, Independencia, Los Olivos y San Martín de Porres los que registran los peores índices de calidad ambiental que se extiende hasta los distritos de Lima Este, específicamente a San Juan de Lurigancho, Lurigancho – Chosica, El Agustino y Santa Anita.

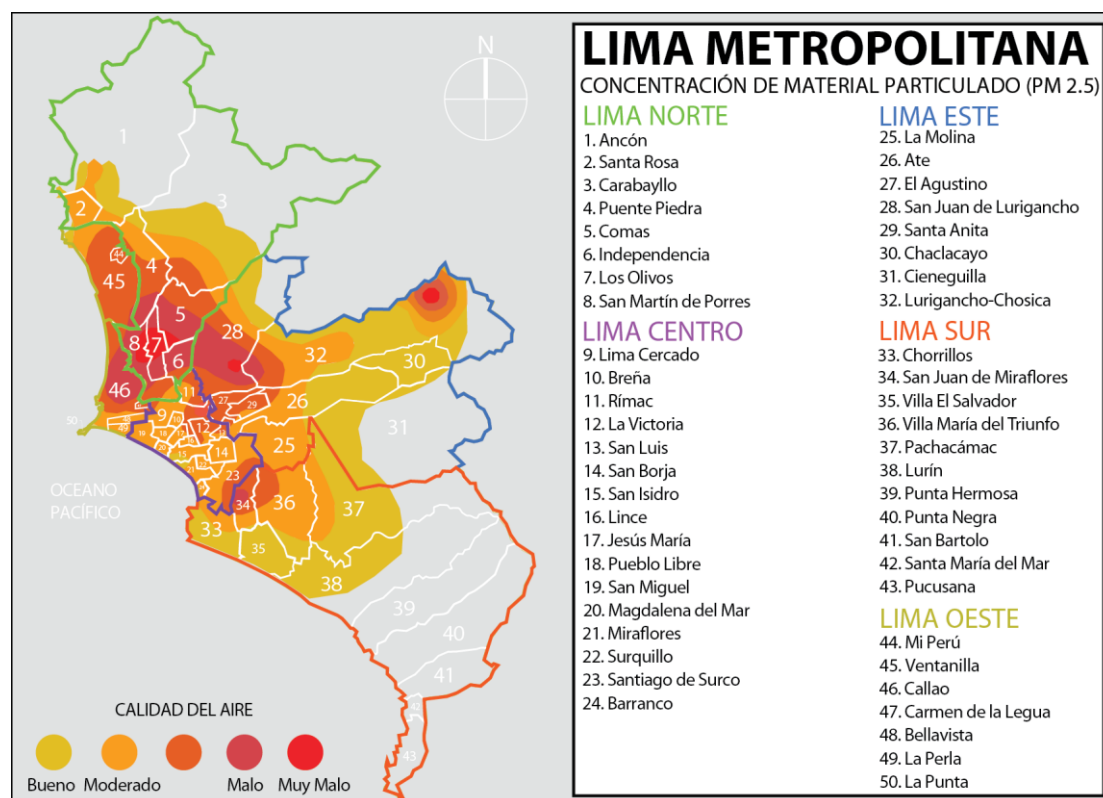


Figura 19. Concentración de Material Particulado (PM_{2.5}) por Distrito

Fuente: Ministerio de Salud, Senamhi
Elaboración Propia

Si bien la concentración de material particulado PM_{2.5} ha descendido respecto a años anteriores, el estudio realizado por el Ministerio de Salud (2011) concluye en que el principal contaminante presente en Lima sigue siendo el material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, el mismo que se dispersa de sur a nor-este por acción de los vientos, contribuyendo al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en los distritos ubicados en esas zonas. Respecto a la calidad del aire, se puede concluir que la zona Norte de Lima es la que más sufre por la contaminación registrando niveles muy peligrosos para la salud, derivados principalmente por fenómenos meteorológicos y por el uso de vehículos de transporte, tanto públicos como privados, que utilizan Diesel de mala calidad que se desplazan desde estas zonas hacia el centro, generando tráfico, aumento en los tiempos de viaje y generando mayor contaminación. Como se explicará en el siguiente punto, la gran cantidad de habitantes que reside tanto en la zona Norte como Este, estaría influyendo en el aumento de los niveles de PM_{2.5}, por lo que se tendría que tomar medidas al corto y largo plazo para mitigar los niveles dañinos que se manejan actualmente.

4.5. Patrones de Movimiento y Sub-Centros

El mayor patrón de movimiento diario que se efectúan entre las áreas interdistritales se presenta mayormente entre las zonas de Lima Centro y Lima Este con 775 mil viajes diarios y entre Lima Centro y Lima Norte con 680 mil viajes al día, demostrando que la población de Lima Centro produce la mayor cantidad de viajes a nivel interdistrital (Municipalidad de Lima, 2012).

El siguiente gráfico indica los viajes de los viajes realizados desde Lima Centro hacia las áreas interdistritales y las cifras ya mencionadas.

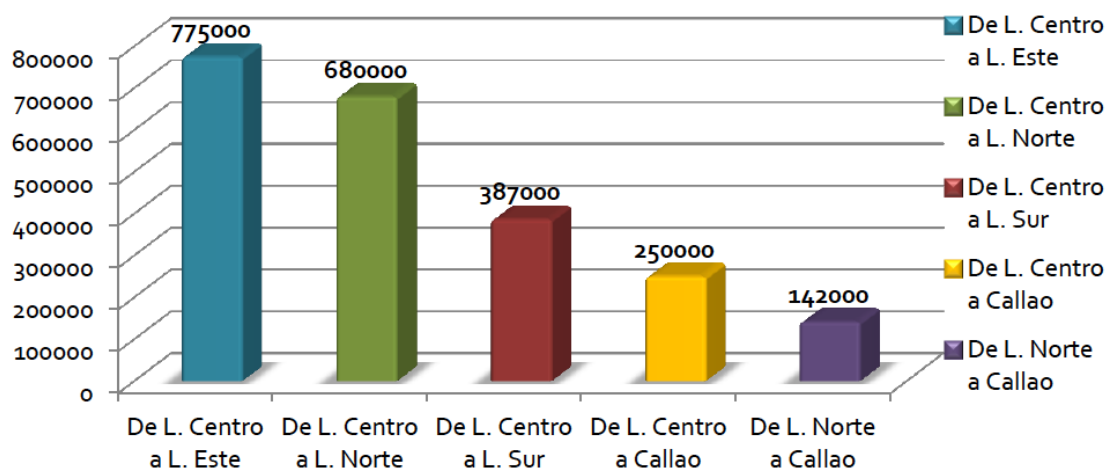


Gráfico 1. Viajes por Día entre Áreas Interdistritales
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima (2012)

La Municipalidad de Lima afirma que para el caso de Lima Centro, la atracción de viajes es 50% mayor que la generada y además que la red vial de la Metrópoli es predominantemente mono céntrica, debido a que todas las áreas convergen en el sector central en una relación de dependencia debido al desarrollo de la estructura vial metropolitana y sistemas de transporte adoptados en las últimas décadas.

Como lo menciona Stiglich, la planificación local fue reconfigurada luego de la aprobación del Planmet (Plan de Desarrollo Metropolitano de Lima – Callao 1990–2010), donde la zonificación de Lima fue adaptada para promover la inversión privada, considerada un factor importante en el desarrollo urbano. Estos cambios en la planificación generaron fuertes inversiones de empresas nacionales como extranjeras para la construcción de nuevos centros comerciales y edificios de oficinas en las zonas más rentables de Lima (Webb, 2007), ubicadas principalmente en Lima Centro. Éstos cambios influyeron en la inauguración del Centro Comercial Jockey Plaza en 1997, marcando el inicio de una nueva generación de centros comerciales que ofrecían no solamente tiendas por departamento y diversas tiendas, sino entretenimiento y restaurantes, funcionando como un lugar de encuentro para la clase media (Fernández de Córdova, Fernández-Maldonado y del Pozo, 2015).

Asimismo, los investigadores locales descubrieron una nueva clase social emergente en antiguas áreas informales con un pasado, cultura y gusto distinto a la tradicional clase media (El Comercio, 2004), ubicadas específicamente en cuatro distritos de Lima Norte, conllevando a la inauguración del Centro Comercial Mega Plaza en el año 2002, de características similares

al Jockey Plaza, y otros centros comerciales ubicados en diversas zonas periféricas de Lima. La figura 20, adaptada de la imagen realizada por Gonzales de Olarte y del Pozo (2012), grafica la ubicación de los sub-centros en Lima: Un sub-centro financiero (San Isidro), tres sub-centros industriales, dos sub-centros mixtos industrial - comercial y cuatro comerciales. También se grafica el clásico Distrito Central de Negocios (CBD por sus siglas en inglés) ubicado en el distrito Cercado de Lima.

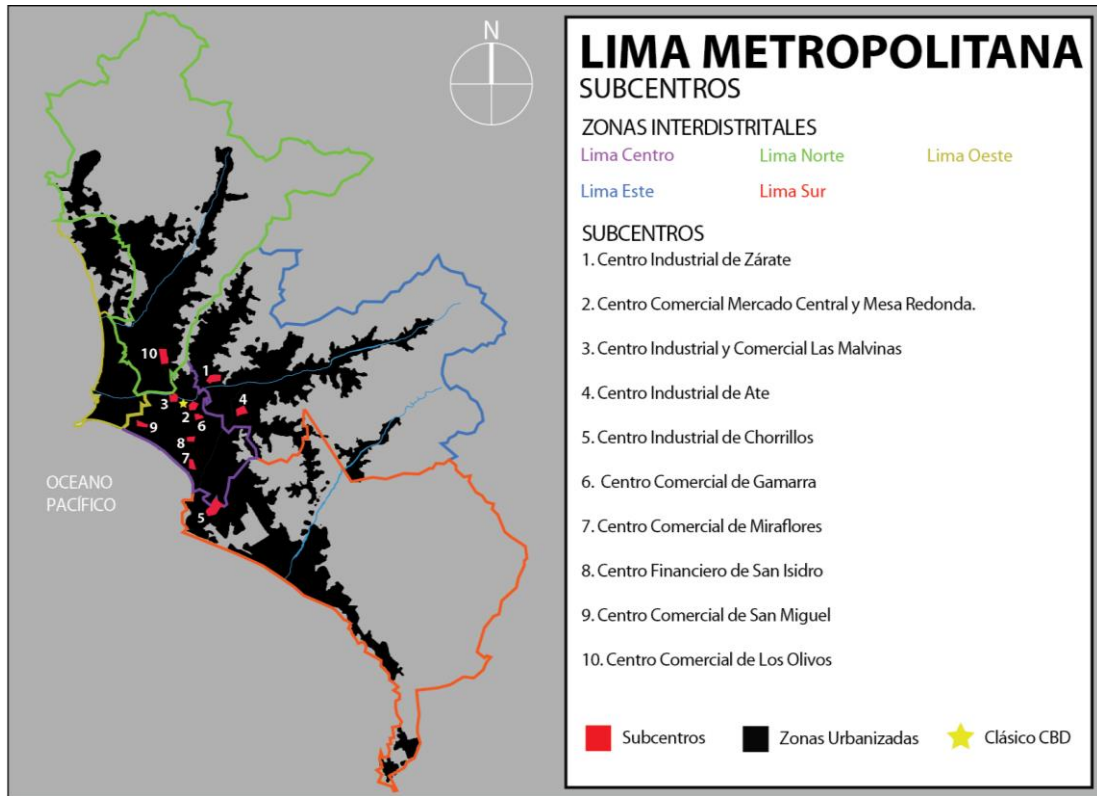


Figura 20. Sub-centros de Lima Metropolitana
Fuente: Gonzales de Olarte y Del Pozo (2012)
Elaboración Propia

De la figura se puede extraer la actual relevancia de Lima Centro por ser una zona que cuenta con seis de los diez Sub-centros existentes en Lima Metropolitana, un número más que significativo. Como lo mencionan Gonzales y Del Pozo, se han consolidado en un espacio no muy lejano del antiguo centro histórico, conformando un policentrismo centralizado, aunque con especializaciones en sus funciones urbanas: un centro financiero en San Isidro, otro comercial en Miraflores y otros industriales en Gamarra y Mesa Redonda.

La aparición de nuevos sub-centros en el primer anillo periférico son producto de la descentralización del centro histórico y la necesidad de una estructura poli céntrica debido al encarecimiento y escasas áreas centrales. Si bien esta tendencia se está incrementando, es indudable el papel de Lima Centro como zona económica más importante y por ende la zona que registra la mayor atracción de viajes por motivos laborales y de estudios de todos los habitantes de Lima.

4.6. Transporte Público

4.6.1. Antecedentes

El problema del transporte público en Lima no es reciente y es por ello que a pesar de las diversas medidas actuales impulsadas desde el ayuntamiento por mejorarlo, la perspectiva de la población respecto al transporte público limeño en su conjunto aún no es del todo positiva. Para poder entender la problemática actual, es necesario repasar las diversas etapas previas del transporte público de la ciudad.

Durante el siglo XIX, el Tranvía fue un transporte público que marcó un hito en Lima. Al inicio, su desplazamiento se realizó mediante fuerza animal. Luego, en 1851, se inauguró el tranvía a vapor que conectaría Lima con el Callao y finalmente, entre los años 1902 y 1906, la tracción fue finalmente hecha mediante la electricidad. El tranvía en sus inicios fue gestionado por el Tram and Lima Light, Power & Tramway Company mientras la Compañía Nacional del Tranvía Eléctrico construyó la ruta que conectaría Lima con el distrito de Chorrillos. Sin embargo, ésta última quebraría ocho meses después de su inauguración. Mientras se realizaban estos cambios en el transporte público limeño, en 1920 se construyó y se estableció un servicio de autobuses que trabajaron mediante gasolina ya que previamente se había experimentado con baterías que no llegaron a circular por deficiencias técnicas. Gracias a la respuesta positiva por parte de la población, el número de buses se incrementó de 160 en 1925 a 400 buses en 1927. La implementación de una gran cantidad de buses haría que la empresa cancele cinco de las ocho rutas del tranvía.

En 1928, El Tram and Lima Light, Power & Tramway Company puso en funcionamiento seis trole buses, los cuales funcionaban mediante energía eléctrica y que reemplazaron a los Tranvías en diversas rutas.

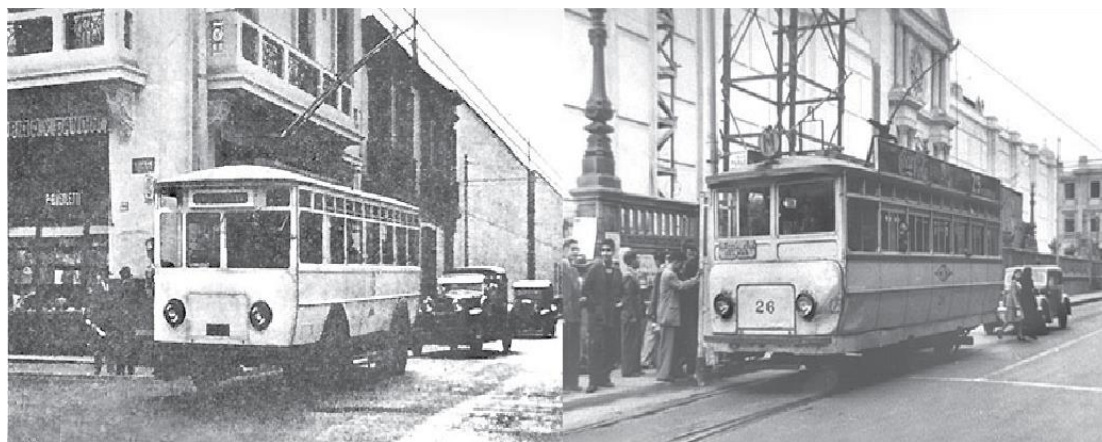


Figura 21. Trole Bus convertido en tranvía. La foto de la derecha fue tomada en 1946
Fuente: Allen Morrison
<http://www.tramz.com/>

El funcionamiento de estos buses duraría solamente tres años y serían modificados a tranvías. Este sería el único ejemplo conocido en el mundo donde trole buses son convertidos a Tranvías (Allen Morrison, 2004).

Debido a diversos problemas como huelgas de trabajadores así como otros factores, llevaría a la empresa Tram and Lima Light, Power & Tramway Company a la quiebra y a partir de 1934, la empresa ya nacionalizada se le nombraría como Compañía Nacional de Tranvías (CNT). Se utilizaron tres tipos de mecanismos para la alimentación eléctrica de los tranvías: El pantógrafo, la lira y el trole. Debido al éxito obtenido, llegaron a circular alrededor de 240 tranvías y su desplazamiento era de 40km/h.

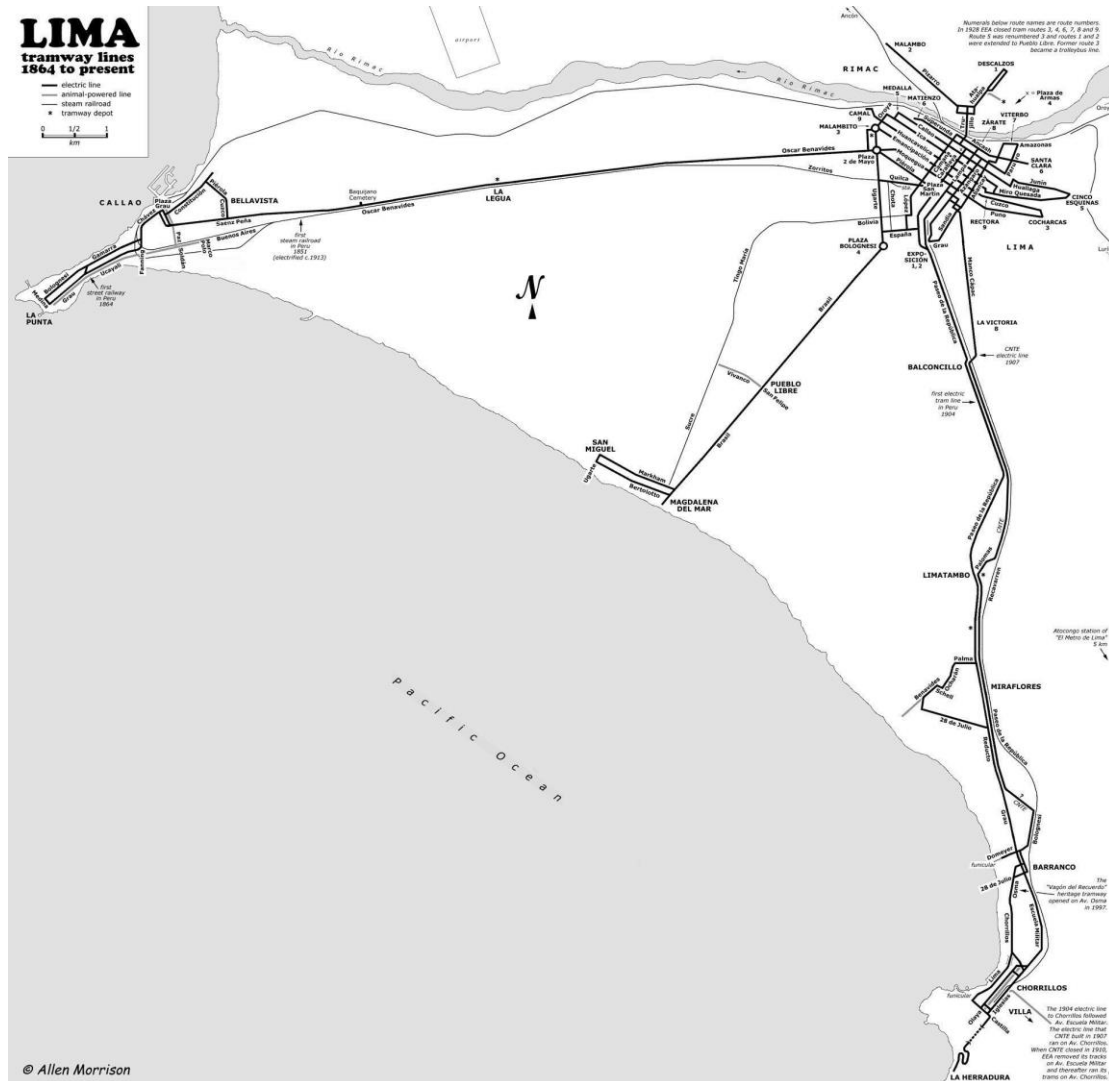


Figura 22. Rutas del Tranvía de Lima
Fuente: Allen Morrison

Como se aprecia en la Figura 22, se pueden ver tres grandes ejes que parten desde el centro de la ciudad hacia los distritos del Callao, Magdalena y Chorrillos.

Cabe mencionar que la antigua ruta que conectaba el centro de Lima con el distrito de Chorrillos, es ahora la ruta del Metropolitano de Lima.

Debido a problemas financieros que afectarían la calidad del servicio, influyendo en la reducción de la flota de tranvías y el incumplimiento del pago de salarios a los trabajadores, finalmente el servicio vería el fin de sus operaciones en el año 1965, sesenta años después de su inauguración.

En 1976, nace la Empresa Nacional de Transporte Urbano del Perú (ENATRU) con el fin de que el estado pueda gestionar directamente al transporte (Bielich, 2009) y realizar el estudio, planeamiento, proyección, creación y coordinación de empresas dedicadas al transporte público de pasajeros en el ámbito urbano.

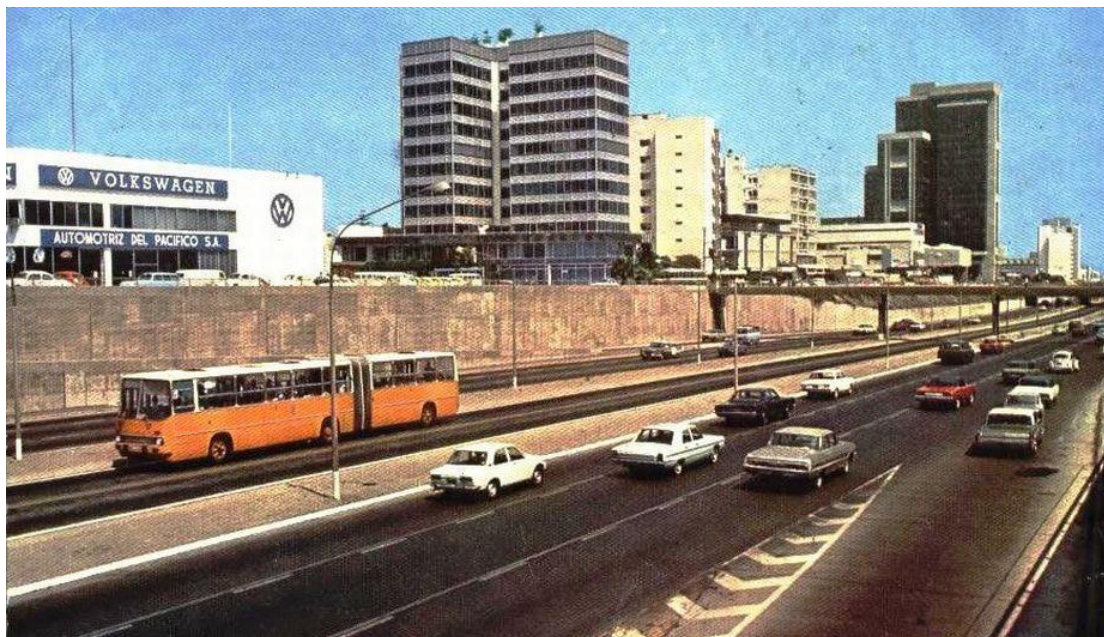


Figura 23. Buses gestionados por la Empresa Nacional del Transporte Urbano del Perú
Fuente: Diario Perú 21

A pesar que la ENATRU era una empresa seria que tenía una buena calidad de servicio, su ruta solo atendía el 8% de la demanda total (Burga et al, 1991) y para fines de la década de 1980, Lima tenía un déficit de oferta de buses de transporte público. Debido a ello, el sistema el cual actualmente se rigen casi todos los buses de transporte público en la ciudad de Lima, se le ha denominado como el sistema del Correo o Guerra del Centavo. El origen del sistema se remonta a 1991, donde, mediante el Decreto Legislativo 651, el gobierno establecía la libre competencia de tarifas de servicio público de transporte, el libre acceso a las rutas (eliminandose las restricciones legales) y la posibilidad para que cualquier persona pueda brindar el servicio de transporte público, todo ello aunado al D.S. 080-91-EFM, donde eliminaba las restricciones a las importaciones y exportaciones, originando la importación de vehículos usados (Bielich, 2009).

Si bien la intención del gobierno era solucionar, la escasez de oferta de vehículos de transporte público debido al crecimiento de la población migrante asentada mayormente en la periferia de la capital durante los años setenta y ochenta, lo que se produjo finalmente fue una sobreoferta de buses de servicio público. Por otro lado, esta medida conllevó a la desaparición de los buses gestionados por la ENATRU, donde gran parte de su ruta la recorre actualmente el Metropolitano, que a pesar de seguir funcionando pese a encontrarse en sus malas condiciones debido al terrorismo y endeble situación económica por la recesión de aquellos años, con la medida impuesta vio finalizada su operaciones en 1992, siendo privatizada y gestionada un año después por los mismos transportistas sin obtener mucho éxito.

Por lo tanto, como el estado dejó de gestionar el transporte y dejó la gestión en manos de los privados, las vías capitalinas sucumbieron ante las leyes impuestas por los transportistas, originando no solamente congestión vehicular, sino contaminación ambiental.



Figura 24. Contaminación y Buses Antiguos en Lima Metropolitana
Fuente: Diario Perú 21 (2009)

Bielich explica que los conductores tuvieron que apelar a su ingenio para ganar pasajeros, entre ellos, el análisis, a lo largo de la ruta, de las variables que influyen en su trabajo, como la cantidad de pasajeros en la calles, su distancia respecto a otras unidades, tamaño de la competencia, presencia de policías, entre otros factores. Finalmente asevera que el modo de manejar de los choferes de transporte público va variando según el cálculo que ellos realizan sobre qué les conviene, optando por dos tácticas: “Chantarse” o el “Correteo”.

Se le denomina “chantarse” a la acción de un conductor de un vehículo de transporte público de posicionarse en un paradero sin un tiempo definido con la intención de ganar más pasajeros, mientras que el “correteo” se refiere a la acción de los conductores de los vehículos de transporte público por llegar más rápido que sus competidores a un paradero para obtener más pasajeros, infringiendo muchas veces normas de tránsito, estando proclives a un accidente vehicular.

Ésta publicación realizada en el 2005 no dista mucho de lo que pasa en la actualidad, sin embargo, las reformas y empleo de nuevas alternativas de transporte público realizadas en los últimos años pretenden acabar con este caos que, años atrás, no parecía tener una solución.

4.6.2. Actualidad

Para establecer el marco actual, se tomará como actualidad desde el momento en que el Ayuntamiento capitalino tomó la iniciativa de volver a gestionar el transporte público. En el año 2011, se realizó la primera reforma para acabar con el gran problema que es el sistema el cual se desenvuelven actualmente los buses de transporte público, con la publicación y consecuente ejecución de las Ordenanzas municipales 1599-2012 y 1613-2012, el cual tenían como finalidad garantizar las condiciones de calidad y seguridad de la prestación del servicio de transporte público regular de personas en Lima Metropolitana, fomentando la mejora de la movilidad en la ciudad y la calidad de vida de los usuarios del servicio de transporte de personas, coadyuvando a la implementación del Sistema Integrado de Transporte – SIT (Concejo Metropolitano de Lima, 2012).

El sistema integrado de transporte está conformado por dos redes de transportes denominados masivos y colectivos que circunscribe no solamente los vehículos de transporte público existente sino los proyectados en algún futuro. Dentro del rango de transporte masivo se encuentran la línea de metro, Cercanías (ferrocarril central) y el BRT. A la categoría de transporte denominado colectivo, se le ha dividido en dos sub categorías; Colectivo Mayor y Menor. En el colectivo mayor se encuentran los buses de los corredores complementarios y de integración con sus buses alimentadores y de aproximación y el tranvía o tren ligero; y en el Colectivo Menor, los taxis y vehículos menores como mototaxis y bici taxis (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014). La figura 25 grafica lo ya mencionado.

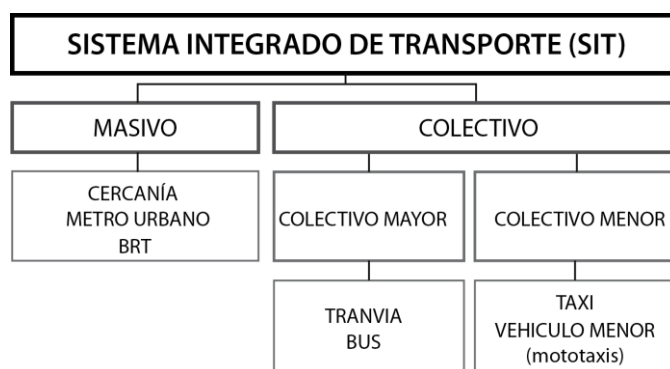


Figura 25. Organigrama del Sistema Integrado de Transporte (SIT)
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima (2014)
Elaboración Propia

Entre los puntos más importantes de la ordenanza, resalta lo indicado referente a las características de los nuevos buses que recorrerían Lima denominados patrón, donde no sólo se especificaba el año máximo de permanencia y tamaño de los buses, sino que tendrían que cumplir, por primera vez, los estándares de emisión de la Unión Europea, en este caso, la Norma Euro Cuatro, así como también otras características referente al tamaño de los buses y proceder de los choferes que se explicará más adelante.

Por otro lado, durante los últimos 10 años, se han realizado importantes acciones para mejorar el transporte público, como lo son la puesta en marcha del Metro de Lima, el sistema BRT y la implementación de los buses con características Euro 4 en diversas vías principales de la capital.

Metro de Lima

La planificación de la Red de Metro de Lima fue aprobada por los Decretos Supremos No 059-2010-MTC y No 009-2013-MTC, de los cuales se proyectaron seis rutas.

Actualmente, solamente una línea se encuentra en funcionamiento (Línea Uno o L1) y otra se encuentra en construcción (Línea Dos o L2). En la figura 26, se muestra la Red de Metro de Lima y Callao proyectado en la ciudad.



Figura 26. Red del Metro de Lima y Callao

Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (2010)

La línea Uno (línea verde de la figura 26), es el único metro que funciona y se caracteriza por ser una línea de metro elevada de 34 kilómetros de extensión, uniendo los distritos de Villa El Salvador y San Juan de Lurigancho, ubicados en la zona sur y noreste de la ciudad de Lima respectivamente. A fines del año 2014, la línea tenía 25 trenes: cinco trenes de seis coches y 19 trenes con cinco coches, los cuales tienen una capacidad de 1003 y 1200 usuarios respectivamente. En el mes de diciembre del mismo año tuvo una demanda de nueve millones 712 mil 802 usuarios, es decir, una demanda por día hábil de 647 mil 830 usuarios (Lima Como Vamos, 2014), representando el 2.5% del 71.4% de personas que utilizan un transporte colectivo para acudir a sus trabajos o centro de estudio. De lunes a viernes, los trenes realizan 242 recorridos al día con un intervalo de diez minutos en hora valle y seis minutos en hora pico. Los días sábados y domingos tienen intervalos de 10 y 14 minutos respectivamente, teniendo en total 194 y 140 recorridos respectivamente. Según LCV, del universo total de encuestados, el 30.1% afirma haber utilizado el Metro de Lima, y de ellos, el 70% califica a éste transporte como bueno o muy bueno, convirtiendo a este medio de transporte como el mejor vehículo valorado en la ciudad.



Figura 27. Línea 1 del Metro de Lima

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima (2015) y Agencia Andina (2015)

La línea Dos (línea amarilla de la figura 26), el cual tendrá aproximadamente 35 kilómetros de longitud (contando un ramal en dirección al aeropuerto), se encuentra actualmente en construcción y se trata del primer metro soterrado del país, el cual recorrerá 13 distritos, conectando la zona este y oeste de la ciudad.

Como ya se mencionó, se ha previsto que de la línea Dos se construya un ramal de Ocho kilómetros hacia el aeropuerto, perteneciente a la Línea Cuatro (Línea roja de la figura 26), y que nacerá específicamente en la intersección de la av. Elmer Faucett con la Av. Colonial (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014). El ramal está planteado para que el único aeropuerto de Lima esté finalmente conectado con la ciudad mediante un transporte público de calidad, ayudando a los turistas a movilizarse de manera más segura. Cabe resaltar que actualmente el aeropuerto de la capital no cuenta con ninguna línea de transporte público que pueda movilizar a los viajeros de manera cómoda, rápida y segura al centro de la ciudad.

El inicio de sus operaciones está dividida de la siguiente manera: La entrega de la primera etapa está estimada para febrero del 2017, el cual consiste en la finalización de las primeras cinco rutas del Metro ubicadas en el distrito de Santa Anita (Zona oeste de Lima) así como el inicio de las operaciones. Para el año 2019, se prevé la entrega de las siguientes 11 estaciones, llegando la línea hasta la estación Plaza Bolognesi. Finalmente, para mayo del 2020 se ha previsto la finalización de la Línea Dos así como el ramal que lo conecta con el Aeropuerto de Lima.

La línea tendrá 35 estaciones contando el ramal y se tiene proyectado la movilización de más de 600 mil pasajeros diariamente. Como la línea forma parte del sistema integrado de transporte público, ésta tendrá estaciones que compartirá con las futuras líneas de metro y el Metropolitano de Lima (Estación Central). La velocidad máxima de los trenes es de 80km/h, pero la velocidad comercial aplicada será de 37.5 km/h. Asimismo, al inicio de las operaciones, el tren estará compuesto de 6 coches donde cada una tendrá una capacidad máxima de 200 pasajeros (6 pasajeros/m²) y tendrá una frecuencia mínima de 90 segundos en hora punta.

La inversión estimada de todo el proyecto es de unos 5.345 millones de dólares (OSITRAN, 2014). Las otras líneas se encuentran aún en fase de licitación y no cuentan aún con una fecha estimada respecto al inicio de los trabajos.

Sistema BRT – Metropolitano de Lima

El Metropolitano de Lima, el cual se basa en un Bus de Tránsito Rápido o Bus Rapid Transit (BRT por sus siglas en inglés), fue puesto en marcha en el mes de julio del año 2010 mediante una ruta troncal segregada que se le ha denominado Corredor Segregado de Alta Capacidad (COSAC). En este tramo, se desplazan buses articulados de 18 metros de largo el cual Protransporte detalla sus características más importantes:

- Utilización de gas natural Vehicular (GNV), teniendo menos emisiones de CO₂ que el transporte público tradicional de la ciudad.
- Capacidad máxima de 160 pasajeros.
- Áreas reservadas para personas con movilidad restringida, gestantes, adultos mayores y niños.

Protransporte, el cual es la entidad que gestiona el Metropolitano de Lima, se proyecta reducir la emisión de 185 mil toneladas de CO₂ anualmente y promueve una política de chatarreo de otros vehículos de transporte público para disminuir el número de vehículos.



Figura 28. Sistema BRT - Metropolitano de Lima
Fuente: Protransporte (2014)

El costo total por la ejecución del Metropolitano fue de unos 300 millones de dólares, precio que duplicó el presupuesto inicial estimado, y su financiamiento fue compartido entre el Municipio de Lima, el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2015). El aumento ya mencionado derivó a que el sistema BRT implementado en la ciudad de Lima sea el más caro de la región.

Costo de Capital por Kilómetro en Millones de Dólares (Solo Infraestructura)				
SISTEMA	PAÍS	AÑO	CARACTERÍSTICAS	COSTO
Transantiago	Chile	2007	18.8km - 70 terminales - 2 estaciones intermodales	4
Interligado	Brasil	2002	104km - 327 estaciones, 24 terminales, sistema integrado	3.5
Metrovía	Ecuador	2006	15.5km - 36 estaciones - 2 terminales	1.56
Megabus	Colombia	2006	27km - 38 estaciones	2.89
Beijing BRT	China	2005	16km - 19 estaciones - 1 terminal	4.8
Metrobus Insurgentes	México	2005	20km - 34 estaciones - 2 terminales	2.8
SIT Optibus	México	2003	25km - 51 estaciones - 60% segregado	1.8
Transmilenio	Colombia	2000	84km - BRT de alta capacidad - 104 estaciones	8.2
Trolebus	Ecuador	1995	37 km - 68 estaciones - 9 terminales	5.9
RIT	Brasil	1973	65km - 139 estaciones - 26 terminales	2.4
Metropolitano	Perú	2009	26km - 35 estaciones - 2 terminales - 1 estación subterránea	11.94

Tabla 6. Costo de capital por Kilómetro en Millones de Dólares (Solo Infraestructura)
Fuente: Revista Caretas

La ruta troncal del metropolitano tiene una extensión total de 26 kilómetros y se desplaza a través de 12 distritos de la capital, conectando los distritos de Independencia y Chorrillos, ambos ubicados en la zona norte y sur de la ciudad respectivamente, cuenta con 35 estaciones, ocho servicios troncales y una flota operativa que, al cierre del 2014, alcanzó los 300 buses en horas de mayor demanda (Lima Como Vamos, 2015), es decir, el número máximo de buses estimado que pueden operar en la ruta. Asimismo, se está proyectando la ampliación de 10 km de la ruta troncal en la zona norte debido a que el patio norte, lugar donde se guardan los buses, se abastece de combustible y se realiza el mantenimiento de los buses, se encuentra lejos de la estación Naranjal, última estación de la ruta troncal, significando un desplazamiento innecesario y un costo adicional a la empresa que gestiona el Metropolitano. Por otro lado, existen las rutas alternativas que parten desde las estaciones Matellini y Naranjal, ambos ubicados en los distritos de Chorrillos y Comas, los que se ubican en la zona sur y norte de la ciudad respectivamente. Los buses que se desplazan por estas rutas se les han denominado alimentadores, ya que brindan a la ruta troncal una mayor cantidad de pasajeros que habitan en zonas que la ruta principal no cubre. A finales del 2014, existían 20 rutas y 222 buses alimentadores (Lima Como Vamos, 2015). La figura 29 muestra la disposición de la ruta troncal y las rutas de los buses alimentadores.



Figura 29. Recorrido Troncal y Alimentadores del Metropolitano
Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (2014)

Existen dos tipos de buses alimentadores los cuales son de ocho y 12 metros, teniendo cada uno una capacidad de 40 y 80 pasajeros respectivamente.

A finales del 2014, el Metropolitano transportó en días hábiles, entre buses de la ruta troncal y alimentadores, a más de 640 mil usuarios, es decir, 80 mil pasajeros más que al inicio del mismo año.

Corredores Complementarios

Complementariamente a los nuevos modelos de transporte público que se han puesto en marcha, se inició una reforma de todo el transporte público promovida desde el ayuntamiento capitalino con la implementación de la Ordenanza 1599-2012 para mitigar el actual sistema desordenado y caótico, orientada específicamente a avenidas principales de la ciudad de Lima que cuenten con mayor carga y superposición de rutas de buses de transporte público.

A éstas avenidas se les ha denominado como corredores complementarios y se fijaron 5 ejes viales los cuales son:

Corredor Complementario Uno: Panamericana Norte (desde la entrada de Ventanilla) - Vía de Evitamiento - Panamericana Sur (hasta el puente Atocongo). Consta de 93km de recorrido.

Corredor Complementario Dos: Av. Javier Prado (Desde la Av. La Molina) – Av. La Marina – Av. Faucett (Hasta la Av. Venezuela). Consta de 37 km de recorrido.

Corredor Complementario Tres: Av. Tacna (desde la Av. Amancaes) – Av. Garcilaso – Av. Arequipa (Hasta la Av. Larco). Consta de 24 km de recorrido.

Corredor Complementario Cuatro: Av. Canto Grande (Desde la Ampliación de la Av. F. Wiese) - Av. Próceres – Av. Abancay – Av. Brasil (Hasta la Av. El Ejercito). Consta de 45 km de recorrido.

Corredor Complementario Cinco: Carretera Central (Desde la Av. Las Torres) – Av. Venezuela (hasta la Av. Faucett). Consta de 48km de recorrido.

Para el éxito de los corredores complementarios, se hizo un estudio y selección de vías que presenten mayor problemas de tráfico para que finalmente sean exclusivamente las empresas de transporte que hayan obtenido la concesión los que operen en dichas rutas. Los vehículos de transporte público que previamente operaban en estas avenidas fueron finalmente removidos y asignados en otras rutas. Asimismo, según la ordenanza 1599-2012, los choferes de los vehículos asignados a éstas vías se les impuso medidas como no utilizar la vía pública como zona de estacionamiento o paradero, no llevar pasajeros cuando el vehículo cuando se encuentre fuera de servicio, embarcar o desembarcar pasajeros con el vehículo en

movimiento, usar equipos de sonido y/o televisores y no llamar a los pasajeros a viva voz o usando el claxon (Municipalidad de Lima, 2012).

En la figura 30 se indica el planeamiento de las rutas de cada uno de los corredores complementarios proyectados al igual que la ruta del Metropolitano (Línea azul segmentada).



Figura 30. Sistema Integrado de Transporte – Corredores Complementarios y el COSAC I
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) – Diario La República

Los buses de las rutas complementarias cumplen las siguientes normas fijadas por la ordenanza: Respetar la ruta, paraderos y tarifa de boletos establecida, además de que los buses deberán de cumplir con lo establecido en la norma EURO IV. Asimismo, los choferes trabajarán mediante planilla y tendrán un pago mensual establecido, eliminando el sistema del correteo y la ganancia directa por pasajero atendido.

El Corredor Complementario No. 03 (CS03) fue el primer corredor en iniciar sus operaciones. La fecha de inicio de dichas operaciones fue el 26 de julio del 2014 y presentó en su inauguración y días posteriores diversos problemas como falta de información de los paraderos asignados y del método de pago, extensión de la ruta y carencia de buses ante la gran demanda presentada, generando confusión y malestar entre los usuarios. Sin embargo, a casi 2 años de su inauguración, el sistema ha presentado una mejoría en su desempeño y percepción por parte de la población.



Figura 31. Corredor Complementario No. 03 – Av. Arequipa
Fuente: Diario Perú 21 (2014)

Por otra parte, el Corredor Complementario No. 02 (CS02) que cubre las avenidas La Marina - Javier Prado – Faucett, inició sus operaciones el 20 de diciembre del 2014 presentando los mismos problemas del CS03. La falta de información al inicio hizo que muchos usuarios opten por tomar combis o “cústeres”, los cuales son buses de transporte público que más adelante se explicará. A comienzos del 2016, el ayuntamiento capitalino eliminó a una de las empresas ganadoras de la licitación debido a incumplimiento de contrato, retirándoles la autorización para operar en la ruta, generando una disminución en el número de buses que operan en la ruta. La fragilidad institucional, la falta de gestión y voluntad política del municipio con los nuevos operadores para resolver los problemas es aún notoria, siendo los usuarios los más afectados.

Transporte Público Tradicional

Finalmente, las Combis, Cústeres y Ómnibus son el último bastión de transporte público que aún opera en la ciudad de Lima, y son a la vez el grupo más grande de vehículos de transporte surgido a partir de los inicios de la década de los noventa del siglo pasado mediante la ya mencionada ley que originó una sobre oferta de buses. Este cambio de modelo derivó a que hasta el año 2013, en Lima existan más de 21 mil 834 vehículos que se dedican al transporte público, es decir, un 30% de sobreoferta estimada, donde las camionetas rurales (combis) representan alrededor del 51% y los ómnibus alrededor del 13% del total de éste tipo de transporte público (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014).

Según Protransporte, para el año 2013, el 53.5% de vehículos de éste tipo tenía más de 20 años de antigüedad, derivando a que muchos de ellos se malogren en pleno recorrido, tengan una infraestructura interna y externa en mal estado y emitan gases nocivos como el CO₂ debido al poco mantenimiento de los vehículos.



Figura 32. Combi, cúster y ómnibus, respectivamente
Fuente: Diario Ojo, Noticias en Lima, Lima es Linda

Todos éstos tipos de vehículos no cuentan actualmente con un horario establecido de llegada a un paradero específico y tampoco cuentan con una tarifa integrada, el cual varía dependiendo de la lejanía del destino, tamaño del vehículo (suelen cobrar más cuando el vehículo es más pequeño) o del criterio del cobrador de dinero de los buses. Por otro lado, en tramos cortos establecidos en el criterio colectivo, es usual la negociación de la tarifa entre el usuario y el transportista para pagar la mitad del valor de un billete promedio (0.13 euros). El precio de un viaje en éste tipo de transporte público varía de un nuevo sol a 1.50 nuevos soles (0.27 y 0.40 euros respectivamente). Debido al precio evidentemente menor a los sistemas nuevos como el Metropolitano así como su gran número, la mayoría de usuarios que solicitan un transporte público para movilizarse optan por estos vehículos, a pesar de sus deficiencias. Finalmente, como ya se mencionó en los antecedentes y que lamentablemente es una condición que aún perdura, los cobradores y pilotos no cuentan con una ganancia establecida, estando éste condicionado a la cantidad de usuarios que se suben a los vehículos de transporte, forzándolos a manejar muchas veces más horas de lo permitido, provocándoles no solamente agotamiento sino accidentes de tránsito. Se ha previsto la reducción de las rutas de 562 a 325, de los cuales 188 serían parte de los corredores complementarios y los 137 restantes de los otros corredores (Lima como Vamos, 2014).

Por otra parte, LCV indica que debido a la actual informalidad y la poca gestión del servicio de taxis en la ciudad por parte de la municipalidad, se estima la existencia de alrededor de 200 mil taxis en Lima Metropolitana, de los cuales más de 106 mil serían informales, es decir, representan más del 50% de todo el servicio de taxis de la ciudad. Tanto los taxis formales como informales no cuentan con una tarifa establecida o taxímetro, estando el precio del viaje supeditado a una previa negociación entre el usuario y el chofer del vehículo. El actual volumen de vehículos de transporte como buses, combis, cústeres o taxis, han saturado el sistema vial de Lima influyendo en el aumento de minutos de viaje de los ciudadanos, causándoles pérdidas económicas y exponiéndoles a niveles de contaminación nunca antes visto. Finalmente, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) durante el año 2014 el parque automotor del departamento de Lima se calculó en un millón 590 mil 755 vehículos, representando un incremento de 137 mil 727 nuevas unidades en comparación del año anterior.

Capítulo 5: JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Según el quinto informe de percepción sobre calidad de vida que realiza anualmente la organización LCV, el 54% de la población limeña encuestada coloca al transporte público, después de la delincuencia e inseguridad ciudadana, como el segundo mayor problema que enfrenta la ciudad. El informe indica también que el problema del transporte se ubica en la misma posición desde el año 2012 y que el 63.6% de la población ubicada en los sectores A/B, considera el problema más importante que los sectores D/E, resultando interesante lo último ya que los sectores económicamente altos, donde se presume que utilizan menos el transporte público, son los que más lo consideran un problema. La figura 33 muestra el estudio realizado por LCV donde indica los principales problemas que encaran los limeños actualmente.

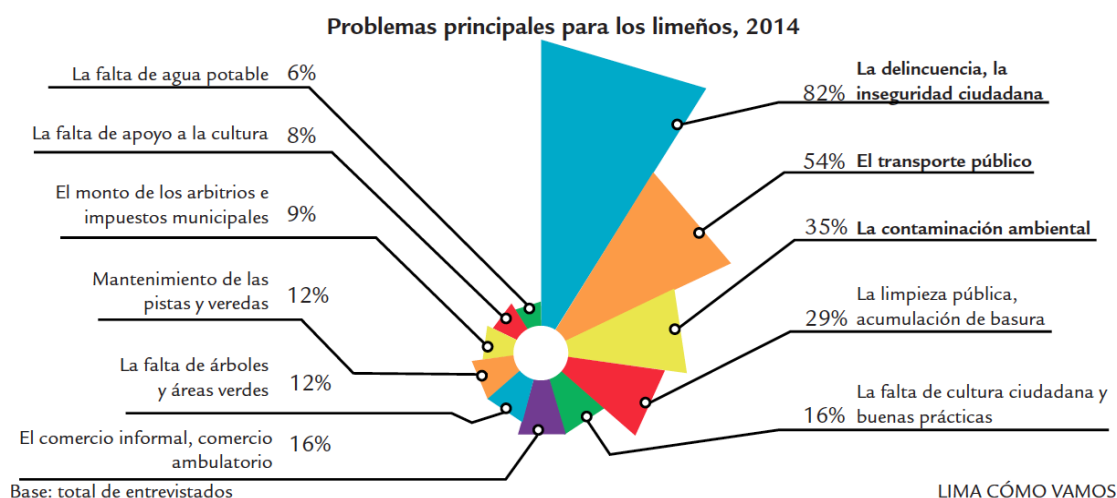
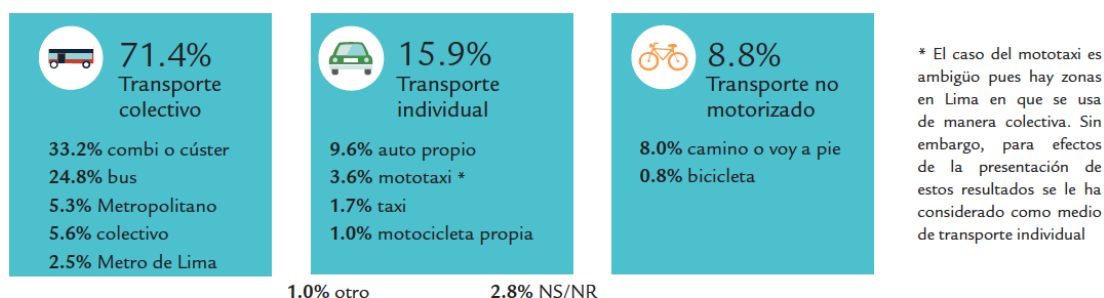


Figura 33. Problemas Principales para los limeños
Fuente: Lima Como Vamos (2014)

Del total de personas encuestadas, el 65% que utilizan algún medio de transporte público para movilizarse se encuentran insatisfechas con el servicio brindado (Lima Como Vamos, 2014).

Respecto al desplazamiento de los habitantes de Lima, la figura 34 indica la preferencia de la población limeña para elegir un medio de transporte para movilizarse, así como el motivo principal que les genera tomar éstos vehículos, el cual principalmente es el estudio o trabajo. La figura indica además que el 71.4% de los encuestados utiliza algún transporte público o colectivo para movilizarse, siendo la combi o la cúster los transportes más utilizados por la población, seguido por el bus u ómnibus los cuales representan el 24.8%, el Metropolitano representa el 5.3%, los vehículos colectivos 5.6%, los cuales son vehículos ilegales que operan en zonas no controladas o de manera subalterna en la ciudad y en el último lugar el Metro de Lima con un 2.5%.



Base: total de entrevistados que trabaja y/o estudia fuera de casa

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 34. Medio de Transporte para Trabajar o Estudiar en Lima Metropolitana, 2014
Fuente: Lima Cómo Vamos

El alto porcentaje de elección de los ciudadanos por las combis, cústeres u ómnibus pueda deberse a que cuentan con una mayor flota de vehículos, una tarifa menor al Metropolitano y rutas que cubren zonas que los grandes medios de transporte implementados no logran a cubrir, a pesar de las pobres condiciones del servicio ofrecidas. Pero la elección de éstos sistemas puede ser producido también por un mal servicio de los nuevos sistemas. Revisando la perspectiva de los usuarios de las zonas interdistritales (no incluye Lima Oeste) realizado por LCV en los años 2014 y 2015 (ver figuras 35 y 36), podremos ver cómo ha repercutido en la población los sistemas impuestos por el municipio capitalino.

	2014	Sexo		Grupo de edad			NSE			Área interdistrital			
		Hombre	Mujer	18 a 29 años	30 a 44 años	45 años o más	A/B	C	D/E	Lima Centro	Lima Este	Lima Norte	Lima Sur
Combi o coaster (cúster)	33%	32%	35%	36%	31%	32%	25%	30%	40%	25%	36%	40%	33%
Bus	25%	25%	25%	27%	23%	24%	22%	26%	25%	25%	31%	17%	27%
Automóvil propio	10%	13%	4%	3%	15%	15%	18%	10%	5%	17%	6%	7%	9%
Camino o voy a pie	8%	7%	10%	8%	8%	9%	11%	7%	7%	11%	5%	6%	10%
Colectivo	6%	5%	6%	8%	5%	2%	6%	6%	5%	4%	8%	7%	4%
Metropolitano	5%	4%	7%	5%	6%	5%	4%	8%	4%	3%	0%	14%	4%
Mototaxi	4%	4%	3%	3%	4%	4%	1%	3%	6%	2%	6%	2%	4%
Metro de Lima (Tren eléctrico)	3%	2%	3%	3%	2%	1%	1%	3%	3%	2%	3%	0%	6%
Taxi	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%	1%	3%	1%	2%	0%
Motocicleta propia	1%	2%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%
Bicicleta	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%	1%	0%	1%	0%
Otro	1%	2%	0%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	0%
NS/NR	3%	2%	3%	4%	2%	2%	6%	3%	1%	6%	3%	0%	2%

Base: Total de entrevistados que estudia y/o trabaja fuera de casa

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 35. Cómo se Movilizan los Ciudadanos de Lima a Nivel Interdistrital - 2014
Fuente: Lima Cómo Vamos

	2015	Sexo		Grupo de edad			NSE			Área interdistrital			
		Hombre	Mujer	18 a 29 años	30 a 44 años	45 años o más	A/B	C	D/E	L i m a Centro	Lima Este	L i m a Norte	Lima Sur
Combi o coaster (cúster)	34%	32%	36%	36%	34%	29%	25%	41%	39%	26%	34%	30%	47%
Bus	25%	25%	27%	28%	21%	28%	27%	26%	20%	25%	24%	28%	24%
Automóvil propio	9%	11%	6%	4%	13%	14%	17%	4%	2%	17%	7%	6%	7%
Colectivo	7%	7%	8%	8%	8%	5%	8%	6%	9%	2%	13%	10%	2%
Camino o voy a pie	7%	6%	9%	7%	5%	10%	4%	7%	13%	8%	5%	8%	7%
Metropolitano	4%	5%	4%	6%	4%	3%	8%	3%	0%	7%	0%	11%	0%
Mototaxi	4%	4%	2%	3%	4%	5%	1%	2%	10%	1%	6%	4%	4%
Metro de Lima (Tren eléctrico)	3%	4%	2%	4%	3%	2%	2%	5%	4%	1%	7%	0%	5%
Taxi	2%	2%	2%	1%	3%	2%	3%	1%	0%	6%	1%	1%	0%
Corredores Complementarios (Tacna-Garcilaso-Arequipa o Javier Prado)	1%	1%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	0%	3%	0%	1%	0%
Otro	1%	1%	1%	0%	2%	0%	1%	2%	1%	0%	1%	1%	2%
Bicicleta	1%	1%	0%	1%	2%	0%	1%	1%	0%	2%	1%	0%	1%
Motocicleta propia	1%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0%
NS/NR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Base: Total de entrevistados que estudio y/o trabajo fuera de casa

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 36. Cómo se Movilizan los Ciudadanos de Lima a Nivel Interdistrital - 2015
Fuente: Lima Cómo Vamos

Dentro de la predilección de los usuarios para movilizarse en la ciudad, los habitantes de las 4 zonas interdistritales han aumentado el uso de las combis y buses respecto al año 2014 lo cual sería consecuente con los altos índices de contaminación ya registrados en el sector.

Los sistemas implementados por las entidades gubernamentales (Metro de Lima y Metropolitano), presentan en el 2015 un decrecimiento en el número de usuarios. Lima Norte, el cual tiene una población importante, alberga la mayor concentración de usuarios del Metropolitano y son prácticamente los que sostienen el sistema.

El metro de Lima es un sistema muy reciente como para ser evaluado. Sin embargo el Metropolitano, con 6 años de funcionamiento, ha tenido diversos problemas desde sus inicios que pueden haber influido en sus usuarios. Entonces, ¿Por qué el Metropolitano ha tenido un decrecimiento en el número de sus usuarios? y ¿Por qué los usuarios de Lima Norte y Sur han preferido utilizar otro medio de transporte para movilizarse a pesar del ya conocido patrón de movimiento?

En la comparación de los tiempos de desplazamiento de los años 2014 y 2015 (ver figuras 37 y 38), a excepción de Lima Centro, los usuarios de las otras zonas interdistritales afirman que han aumentado los tiempos de desplazamiento, lo cual es consecuente con el aumento del uso de otros sistemas de transporte, sin embargo lo que no es claro es que a pesar del aumento de los tiempos de desplazamiento indicados, ¿Por qué los usuarios continúan optando por los mismos sistemas y no se “arriesgan” a tomar el Metropolitano que se desplaza en una vía segregada, apartada del ya caótico transporte público limeño ofreciendo un servicio,

llamado por ellos mismos, eficiente y rápido? Aunque es evidente que el Metropolitano ha significado un aporte en la reducción del tiempo de viaje, los usuarios aún siguen optando por el tradicional sistema de transporte público. ¿Qué motiva a los usuarios mantener este sistema?

Si usted trabaja o estudia fuera de su casa, percibe que el trayecto a su centro de trabajo o estudios en el último año, ¿toma el mismo tiempo, toma más tiempo, o toma menos tiempo que el año pasado? (2014)

	2014	Sexo		Grupo de edad			NSE			Área interdistrital			
		Hombre	Mujer	18 a 29 años	30 a 44 años	45 años o más	A/B	C	D/E	Lima Centro	Lima Este	Lima Norte	Lima Sur
Más tiempo	35.8%	34.1%	38.6%	35.3%	37.8%	33.7%	43.9%	33.8%	32.7%	40.9%	33.7%	38.4%	28.8%
Igual tiempo	44.8%	47.9%	39.8%	44.8%	42.6%	48.4%	41.2%	43.6%	47.5%	42.5%	47.7%	37.8%	52.9%
Menos tiempo	18.0%	16.9%	19.8%	18.7%	18.1%	16.3%	13.3%	20.3%	19.1%	14.4%	17.0%	22.8%	17.9%
NS/NR	1.4%	1.1%	1.8%	1.2%	1.5%	1.6%	1.7%	2.3%	0.7%	2.2%	1.6%	1.0%	0.4%

Base: Total de entrevistados que estudia y/o trabaja fuera de casa

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 37. Evaluación del Tiempo de Desplazamiento - 2014
Fuente: Lima Cómo Vamos

Si usted trabaja o estudia fuera de su casa, ¿percibe que el trayecto a su centro de trabajo o estudios en el último año: toma el mismo tiempo, toma más tiempo o toma menos tiempo que el año pasado?

	2015	Sexo		Grupo de edad			NSE			Área interdistrital			
		Hombre	Mujer	18 a 29 años	30 a 44 años	45 años o más	A/B	C	D/E	Lima Centro	Lima Este	Lima Norte	Lima Sur
Más tiempo	37.6%	37.2%	38.3%	34.5%	37.5%	43.8%	39.4%	37.4%	34.3%	32.6%	42.8%	42.1%	30.9%
Igual tiempo	51.8%	51.9%	51.6%	52.1%	53.0%	49.4%	50.4%	53.1%	52.7%	56.5%	47.7%	46.3%	58.7%
Menos tiempo	9.8%	9.7%	9.9%	12.8%	8.8%	5.6%	9.6%	8.8%	11.8%	9.5%	9.5%	11.6%	8.3%
NS/NR	0.8%	1.1%	0.2%	0.6%	0.8%	1.2%	0.6%	0.8%	1.2%	1.4%	0.0%	0.0%	2.2%

Base: Total de entrevistados que estudio y/o trabajo fuera de casa

LIMA CÓMO VAMOS

Figura 38. Evaluación del Tiempo de Desplazamiento - 2015
Fuente: Lima Cómo Vamos

El Metropolitano es un sistema que en el transcurso de los años, ha incrementado el número de usuarios debido a lo novedoso que resultó en sus inicios y porque su ruta conecta la zona sur y norte de Lima con el centro, es decir, la zona económicamente más activa.

En el año 2012, durante horas pico, el sistema utilizó en la ruta troncal un total de 256 buses, es decir, el 85% del total de su flota proyectada. Un año más tarde, debido a la creciente demanda, se utilizaron 280 buses. Finalmente, en el año 2014 circularon 300 buses en la ruta troncal durante hora pico, es decir, se utilizó toda la flota de buses proyectada en la ruta troncal durante las horas de mayor demanda. Sobrepasar el número proyectado en hora pico significaría un inminente colapso de la ruta troncal por la cantidad de buses circulando.

Actualmente la utilización de toda la flota no ha podido reducir la aglomeración de usuarios que diariamente se forma en las estaciones ubicadas principalmente en las cabeceras de la

ruta troncal, siendo las estaciones Naranjal y Matellini, ubicados al extremo norte y sur respectivamente, los que reciben el 19% y 7% de usuarios (Lima como Vamos, 2013).

Cabe resaltar que durante este periodo también aumentó el número de buses alimentadores, pasando de 179 buses en el año 2012 a 222 a finales del año 2014.

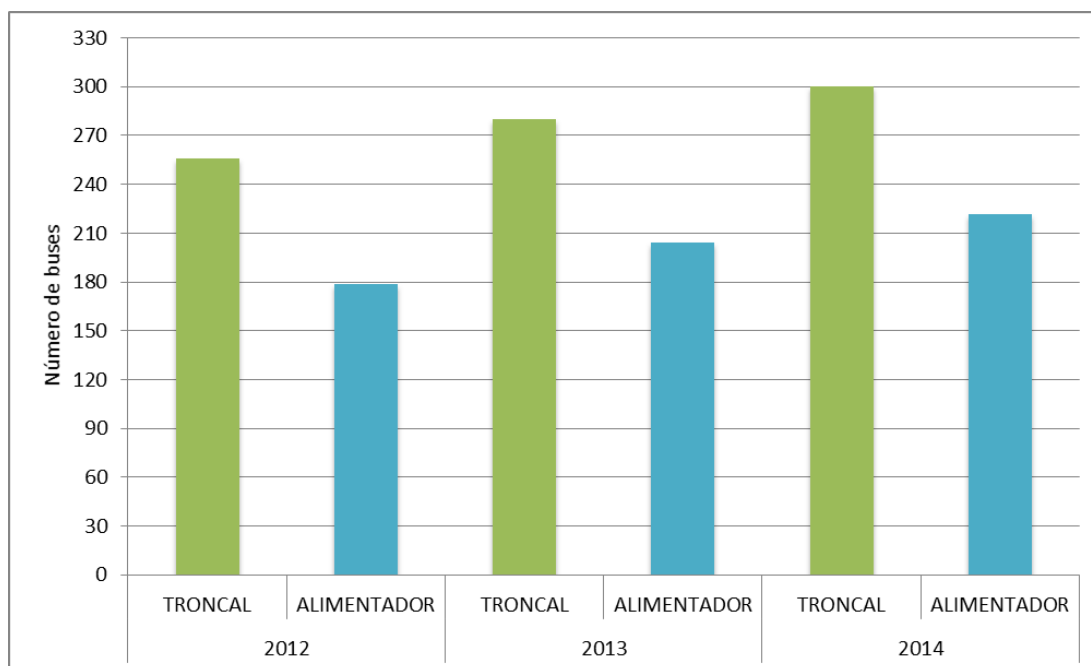


Gráfico 2. Evolución del Aumento del uso de buses del Metropolitano
Fuente: Lima Como Vamos, Protransporte
Elaboración Propia

El problema de la aglomeración de personas en las estaciones cabecera no ha pasado desapercibido por los medios de comunicación, ya que si bien su visión del problema puede ser exagerada y sensacionalista, en éste caso específico no dista mucho de la realidad cuando se trata de informar sobre el problema actual que enfrenta el BRT, el cual se traduce en la ya mencionada aglomeración de usuarios en diversas estaciones principalmente en horas pico, donde los usuarios suelen esperar en algunos casos más de 30 minutos para poder acceder a los buses los cuales viajan llenos generando incomodidad, robos y peleas entre los pasajeros tanto en el exterior como el interior del bus.

Como ya se mencionó, las estaciones más problemáticas son las estaciones Matellini, ubicado en el extremo sur, y Naranjal, ubicada en el extremo norte y siendo éste último el que presenta mayores problemas debido a la gran cantidad de pasajeros que habitan en Lima Norte. Debido a que los buses suelen iniciar su recorrido al borde del máximo de su capacidad, los usuarios de las otras estaciones, con varios minutos de espera de por medio y suerte, podrán subir a un bus. Los pilotos de los buses regulares, los cuales se detienen en todas las estaciones, al notar que el bus está al límite de su capacidad, suelen pasar de largo creando mucho malestar entre los usuarios.

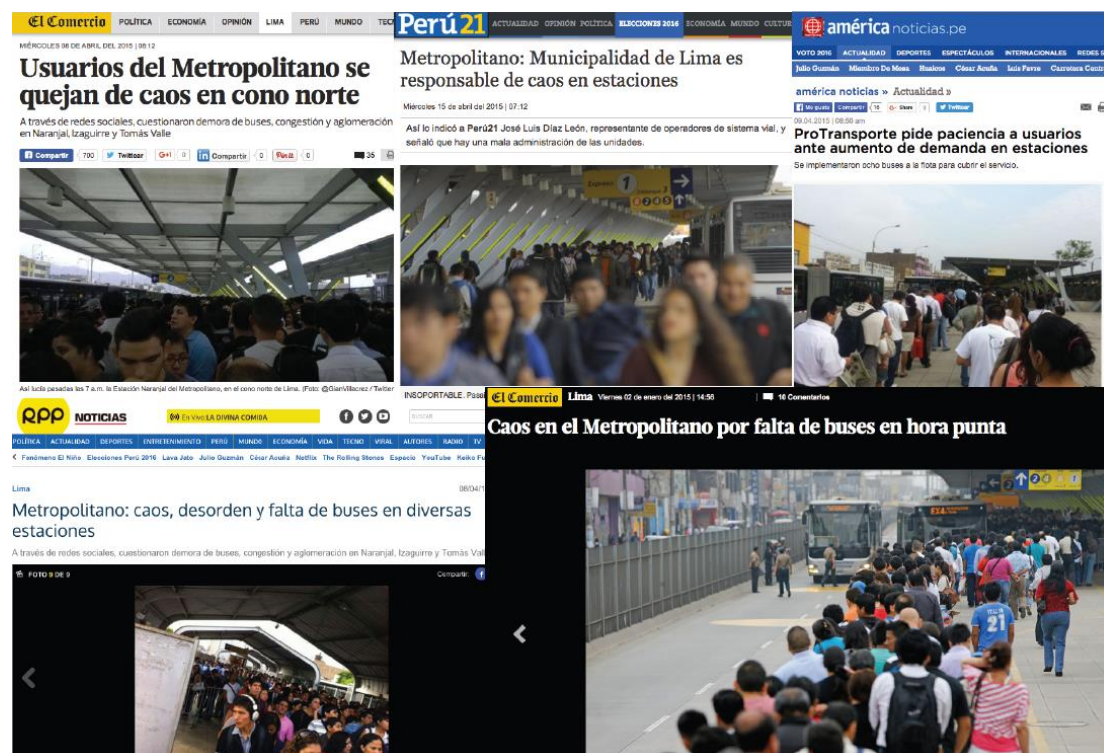


Figura 39. Medios de comunicación informando el problema de la aglomeración
Fuente: Diario El Comercio, RPP, Diario Perú21, Compañía Peruana de Radiodifusión

El efecto dominó iniciado en las cabecera de las estaciones es preocupante ya que repercute en los usuarios directos del sistema que, según las encuestas realizadas por LCV, estarían eligiendo otro tipo de transporte público el cual influye en los tiempos de desplazamiento y el medio ambiente de la ciudad. A seis años de su fundación presenta problemas que cabe hacerse diversos cuestionamientos: ¿Fue acertado elegir el Metropolitano en las condiciones ya mencionadas?, ¿Hubiera sido más conveniente elegir un sistema LRT como lo plantean ciudades con mayor experiencia en el uso del BRT?, ¿Cuál será el futuro del BRT de Lima y su influencia en Lima Norte, área donde se concentra la mayor cantidad de usuarios y que ha presentado en el transcurso de los años diversos problemas como la contaminación ambiental debido a su alto índice de población que sigue eligiendo otro tipo de vehículos de transporte?

Por lo ya mencionado, he optado por analizar las cifras y el desenvolvimiento actual de uno de los sistemas impulsados por la entidad municipal limeña para mejorar y aliviar el transporte capitalino, en este caso el sistema BRT de Lima, y compararlo con el sistema LRT que ha surgido en los últimos años como posible solución ante los problemas de aglomeración en ciudades que aplican actualmente un BRT.

Capítulo 6: **ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO**

6.1. Comparación de Sistemas BRT y LRT

Para poder determinar si la propuesta de un BRT en la ciudad de Lima fue la más conveniente, es necesario compararlo con un sistema de características similares, en este caso el sistema LRT. El planteamiento de un sistema de metro soterrado o elevado queda descartado ya que los costos por su implementación son muy superiores a ambos sistemas. Para el análisis, es necesario conocer a fondo los datos del BRT de Lima respecto a los costos capitales y operativos y su desempeño en hora punta así como su impacto en los puntos señalados en el estado del arte que considero importante para el análisis: Social, Ambiental y Económico. Por tema de tiempo, el análisis de la repercusión económica se enfocará al costo por la gestión del sistema y no en la repercusión económica en las viviendas circundantes o conocer si se generaron nuevas aglomeraciones comerciales, no se llevará a cabo. El análisis se dividirá de la siguiente manera:

- Desempeño: Capacidad (PP/H/PD), Frecuencia y Velocidad Comercial.
- Costos: Capital y Operación.
- Impacto: Ambiental y Social.

6.1.1. Desempeño

6.1.1.1. Capacidad (PP/H/PD)

Se ha tomado la información del TRCP y de Robert Cervero para conocer el promedio global de la capacidad por hora y sentido de ambos sistemas. Según los datos obtenidos, en el caso hipotético de una implementación de un LRT en la ruta troncal del Metropolitano, la capacidad actual del BRT estaría dentro del margen del LRT. Cabe indicar que la capacidad indicada del BRT de Lima es el máximo registrado por hora y sentido (pp/h/pd) en toda su etapa operativa.

SISTEMA	TIPO DE VEHICULO	ESCENARIO E INVESTIGACIONES	CAPACIDAD (PP/H/PD)
BRT	Bus Articulado (160 pax)	Lima	27,000
LRT	La capacidad de los trenes ligeros varía según la demanda. En Barcelona miden 32.5 mts. (5 módulos) y Boston 66 mts. (3 car - train).	Robert Cervero	12,000- 27,000
		Transit Cooperative Research Program	10,000 - 28,000

Tabla 7. Comparación de Capacidad - sistema BRT de Lima y sistemas LRT
Fuente: TRCP (2003), R. Cervero (2013), Protransporte (2014)

A pesar de las cifras indicadas, actualmente el sistema LRT se encuentra transportando más usuarios de lo que en teoría se indica, estando implicado el tamaño del vehículo y la capacidad interna del mismo. El sistema de Manila, con tres vagones, transporta a más de 28 mil usuarios por hora y sentido (Godard y Fatonzoun, 2002) mientras que el LRT de Hong Kong transporta 33 mil usuarios por hora y sentido (THB, 2016). Las proyecciones de demanda de los especialistas están siendo superadas por las cifras actuales que maneja cada país indistintamente.

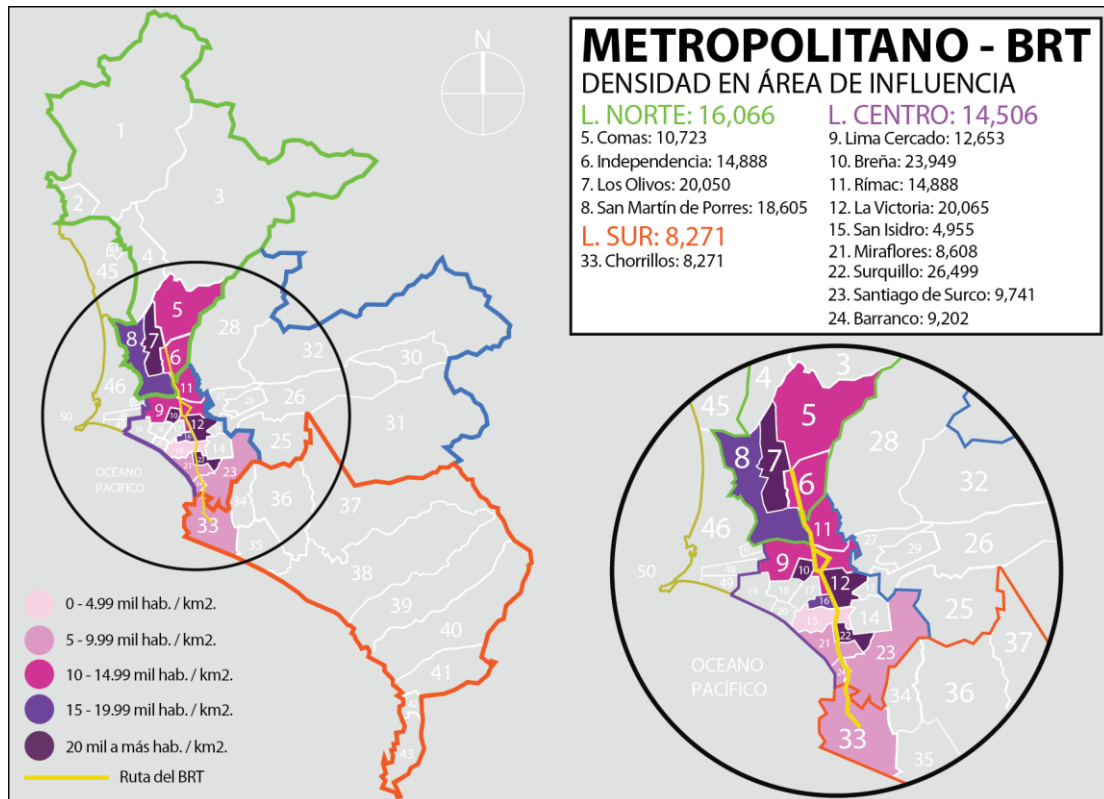


Figura 40. Densidad en Área de Influencia Directa - Metropolitano
Fuente: INEI (2014)
Elaboración Propia

Los 27 mil usuarios que se presentan por hora y sentido se dan en el horario de las mañanas, en sentido norte-sur debido al patrón de movimiento y densidad mencionados.

Según los datos obtenidos del INEI, la mayor densidad poblacional dentro del área de influencia directa de la actual ruta del metropolitano se encuentra en Lima Norte, registrando en promedio 16,066 hab./km², una cifra mayor a la actual densidad de Barcelona. Lima Centro cuenta con un promedio de 14, 506 hab./km² y finalmente Lima Sur con 8,271 hab./km².

El promedio actual de densidad de las zonas de influencia directa del Metropolitano es beneficioso ante un planteamiento de un LRT debido a que existe un alto porcentaje de usuarios que lo convertirían económicamente factible, aunado a un patrón de movimiento ya mencionado que convierte la actual ruta en una vía importante que conecta el norte con el centro de la ciudad e imprescindible para los habitantes de Lima Norte.

La capacidad máxima que actualmente maneja el BRT de Lima en hora pico es una cifra alta pero que se encuentra dentro de los estándares del tren ligero (TL). En el 2015, el BRT de Lima ha perdido usuarios con respecto al año pasado (Lima como Vamos, 2015) debido posiblemente a las largas colas que se forman producto de las cifras límite de capacidad que ha llegado el sistema, y, al no poder agregar más buses a la ruta, el sistema corre un gran riesgo de colapsar internamente debido a la aglomeración de usuarios.

6.1.1.2. Frecuencia (Headway)

Para poder movilizar a los 27 mil usuarios, cifra máxima alcanzada en hora pico en el BRT de Lima, se analizó la frecuencia del servicio para que de acuerdo a ello, se pueda obtener el número de trenes ligeros a utilizar para cubrir dicha demanda.

Según el TRB (1996), el headway se basa en tres componentes:

- Demora en la Estación (Station Dwells): Se compone de tres factores: el flujo de pasajeros para subir al tren, el cerramiento de las puertas del vehículo y la espera de los usuarios para que el tren avance. Si bien estos componentes no cuentan con un periodo establecido, los mínimos van desde los 20 segundos en adelante.
- Margen Operativo (Operating Margin): Es el tiempo que toma el tren en desplazarse de una estación a otra. Aunque si bien el tiempo depende del mecanismo de seguridad aplicado al sistema, el tiempo mínimo es de 25 segundos.
- Separación entre trenes (Train Separation): Es el sistema de seguridad aplicado al margen operativo, donde existen tres tipos: Moving Block (MB), Cab Control (CC) y Three Aspect Signaling System (TASS). Cada sistema, debido a su tecnología (semaforización, control de velocidad entre trenes, comunicación a los operadores del sistema ante posibles incidentes; etc.) tendrán un impacto en la velocidad del tren. El MB, CC y TASS tienen un impacto mínimo de 25, 33 y 36 segundos respectivamente.

Para el ejercicio, se consideró 70 segundos como headway en hora punta (7:00am-8:00am), es decir, 25 segundos de demora en estación y 45 segundos de margen de operación. Se ha aplicado 70 segundos debido a que un tiempo menor sería difícil de cumplir ya que se restaría importancia a las vías que cruzan la ruta troncal, así como posibles incidentes que puedan afectar al sistema.

La comparación del sistema BRT se ha realizado con TL de diversas características que puedan brindar diversa información, algunos mencionados previamente en la investigación como la marca Alstom y sus modelos Citadis Spirit, creado para el mercado norteamericano y Citadis 302, modelo aplicado en Barcelona y en varios países de mundo, principalmente Europa. Para el ejercicio se ha tomado en cuenta el LRT de 56 metros operativo en Budapest de marca CAF, modelo Urbos 3 y finalmente la marca Ansaldo Breda y su modelo type 8, usado en Boston, elegido debido a su mayor extensión en comparación de los trenes ligeros pero de menor capacidad que el Urbos 3. Cabe mencionar que algunos sistemas cuentan con una mayor densidad dependiendo de las normas culturales establecidas (ITDP, 2010), es decir, el número permitido de personas que se desplazan por metro cuadrado en un TL. Según Zheng y Hensher (2013), en Europa y Australia se ha establecido el tope máximo de densidad en 4 pax/m², 5 pax/m² en Estados Unidos y 8 pax/m² en buses de transporte público en China. En Latinoamérica se maneja como límite 6 pax/m², límite que aplican los trenes ligeros de Rio de Janeiro, Transmilenio y los buses del metropolitano.

Equilibrando el límite máximo de pasajeros por metro cuadrado aplicado en Sudamérica a los trenes ligeros aplicados en Norteamérica y Europa, se realizó la tabla 7 el cual muestra un cambio en el volumen interno del tren ligero, donde la capacidad de los vehículos aumenta considerablemente.

SISTEMA	VEHICULO	CAPACIDAD MÁXIMA (6pax/m2)	NÚMERO DE VEHICULOS	DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA (PPHPD) 27,000	FRECUENCIA minutos	FRECUENCIA segundos
BRT	18 m. (articulado)	160	170	27,200	0.4	21.18
LRT	32.5 m. (Citadis 302)	294	92	27,048	0.7	39.13
	42 m. (Citadis Spirit)	380	72	27,360	0.8	50.00
	47m. (Citadis Spirit)	425	64	27,200	0.9	56.25
	66m. (Ans. Breda)	540	51	27,540	1.2	70.59
	56m. (Urbos 3)	562	49	27,538	1.2	73.47

Tabla 7. Comparación de Capacidad - Sistema BRT de Lima y sistemas LRT
Fuente: Alstom (2015), TRCP (2003), BRTDATA (2014)

El BRT de Lima emplea aproximadamente 170 vehículos en sentido norte – sur con una frecuencia de 21 segundos. Sin embargo, la tabla no contempla la existencia de dos a tres paraderos por estación, los cuales reducirían la frecuencia debido a que los buses ya no dependerían de un paradero, y por ende, la frecuencia se ampliaría.

El TL de Barcelona, que cuenta en esa ciudad con una capacidad máxima de 220 personas, con la densidad aplicada a los estándares sudamericanos, alcanza un máximo de 294 personas. Aun así, un tren de éstas características no podría contra la demanda actual por hora y sentido en hora pico presentada en Lima, el cual necesitaría una frecuencia de 39 segundos para poder al menos alcanzar a la capacidad del Metropolitano, haciéndolo inviable. Del mismo modo, con una frecuencia de 50 y 56 segundos en hora punta, los trenes ligeros de 42 y 47 metros de largo lograrían equiparar a la demanda registrada pero bajo una frecuencia mínima a la previamente establecida. Sin embargo, los trenes ligeros de 66 y 56 metros llegarían a cubrir la demanda bajo una frecuencia por encima del mínimo aplicado.

En comparación del sistema BRT el cual aumenta el número de buses de acuerdo a la demanda de usuarios pudiendo originar tráfico en su propia ruta exclusiva, la flexibilidad de los TL por adaptarse y crecer en largo dependiendo de la demanda, permite que se reduzcan las aglomeraciones y evita el tráfico entre vehículos del mismo sistema. Si bien un tren ligero de 66 metros de largo podría ser para algunos un tamaño considerable, cabe recordar que estos trenes se aplican en Boston, principalmente en hora punta y en Casablanca, Israel, que cuenta con un tren ligero de 74 metros. Por otra parte, dentro de las condiciones actuales del BRT de Lima, las estaciones del metropolitano tienen un promedio de 100 metros de largo para recibir entre dos y tres buses a la vez, por lo que un tren ligero de 66 metros podría caber sin problemas. Asimismo las vías son segregadas en toda su extensión, donde ocho kilómetros, equivalente a un tercio de la ruta troncal, se encuentra en vía exclusiva, es decir, sin intersección alguna con otro tipo de vehículo de transporte que pueda incidir negativamente en la frecuencia. Las características físicas no serían impedimento si una propuesta de este tipo se hubiera dado.

6.1.1.3. Velocidad Comercial

La velocidad comercial representa la velocidad promedio del vehículo que incluye el tiempo de espera en estaciones. Así, un sistema con distancias cortas entre las estaciones o con tiempos largos de abordaje y descenso será penalizado comparativamente en términos de velocidad promedio (Institute for Transportation & Development Policy, 2010).

Respecto al análisis de la velocidad del sistema BRT de Lima y su comparación con la velocidad promedio de estudios realizados por ERRAC y Steer Davies Gleave realizados en el 2012 y 2003, respectivamente, se obtuvo lo siguiente:

SISTEMA	CIUDAD	VELOCIDAD MÁXIMA	VELOCIDAD COMERCIAL
BRT	BRT DE LIMA	60 - 70 km/h*	25.5 km/h
LRT	ERRAC	-	15 - 35 km/h
	STEER DAVIES GLEAVE	60 - 80 km/h	15 - 35 km/h

Tabla 8. Comparación de Velocidad Comerciales entre sistemas BRT y LRT
Fuente: ERRAC (2012), Steer Davies Gleave (2003), BRTDATA (2014) *

Si bien los buses articulados y trenes ligeros pueden llegar a una velocidad máxima de 70 km/h y 80 km/h respectivamente, la velocidad el cual finalmente operan dentro de la ciudad es distinta a los factores ya mencionados. Según las investigaciones citadas, la velocidad comercial del tren ligero oscila entre los 15 y 35 km/h, superando el rango de velocidad comercial promedio del Metropolitano. Si bien existen buses expreso en la actual ruta que operan en hora punta y tienen una velocidad ligeramente mayor a los buses regulares y que se detienen solamente en ciertas estaciones para hacer más rápido el recorrido, el TL no iría solamente a una velocidad mayor, sino que atendería a todos los usuarios de las estaciones por igual.

Para poder cumplir los 45 segundos asignados en el tramo de operación y con un promedio de 500 metros de separación entre estaciones, el tren ligero tendría que operar a una velocidad comercial aproximada de 35 km/h.

6.1.2. Costos: Capital y Operación

6.1.2.1. Capital

El costo capital (en adelante CP) de un nuevo sistema depende de dos factores: compra de propiedades e infraestructura. El costo por la adquisición de suelo y propiedades involucra diversos posibles aspectos como los derechos de espacio de vía, espacios subterráneos, lotes para terminales, patios de mantenimiento, garaje de vehículos, mientras que la infraestructura toma en cuenta condiciones físicas locales, costos de financiación, competitividad en la industria de la construcción, requerimientos de diseño y seguridad vial, costos de mano de obra; etc. (Institute for Transportation & Development Policy, 2010). Si bien en muchos contratos la compra de los vehículos está incluido en los CP, en este caso solo se ha tomado en cuenta la adquisición de propiedades y la infraestructura a realizarse.

Para la comparación del CP del BRT de Lima, se han tomado los estándares fijados por Robert Cervero y tener una visión global del CP del costo que ha implicado la construcción de este tipo de sistemas en diversas ciudades del mundo. El resultado de la comparación de los datos de ambos sistemas fue la siguiente:

COMPARACIÓN DEL COSTO DE CAPITAL ENTRE SISTEMAS BRT Y LRT				
SISTEMA	ESCENARIO E INVESTIGACIONES	COSTO DE CAPITAL (Millones de €/km)	KILÓMETROS	TOTAL (Millones de €)
BRT	LIMA	10,717,000	26	278,642,000
LRT	R. CERVERO	19,500,000		507,000,000

Tabla 9. Comparación del Costo de Capital entre Sistemas BRT y LRT
Fuente: Protransporte (2014), R. Cervero (2013)
Elaboración Propia

En este punto, es evidente y era de esperarse que el costo de la implementación de un sistema BRT sería más barato. En el caso de Lima, el costo por la hipotética implementación de un LRT en los 26 kilómetros que componen la actual ruta del metropolitano sería de 507 millones de euros, mientras que el costo que se consignó para el BRT de Lima fue de 278 millones 642 mil euros, casi la mitad de lo que se invertiría por un sistema LRT. Usualmente el monto inicial presentado del LRT hace que muchos gobiernos desistan de proponer este sistema debido a su alto coste de implementación, sin embargo, este costo, que en sí es alto, podría ser compensado si el sistema cuenta con una alta afluencia de usuarios que conviertan el sistema rentable al largo plazo.

6.1.2.2. Operación

El costo operativo (CO) involucra dos tipos de costos: costos de operación fijos (COF) y variables (COV). Dentro de COF se encuentran el salario del personal, seguros y otros costos administrativos mientras que en los COV se encuentra el precio del combustible o electricidad, repuestos y elementos similares y el mantenimiento de la flota (Institute For Transportation & Development Policy, 2010).

Debido a que no se pudo obtener información respecto al costo operativo del Metropolitano así como de los sistemas BRT y LRT mencionados, los datos operativos se han basado en la investigación de Robert Cervero, donde indica que el CO de los vehículos BRT por kilómetro recorrido es de 2.63 euros, mientras que de los vehículos LRT por kilómetro recorrido es de 6.80 euros. Estos datos han sido utilizados para obtener el CO de ambos sistemas. Para el análisis, se ha tomado la demanda actual del BRT de Lima, específicamente los días en los que se registró mayor afluencia de usuarios y número de usuarios por hora y sentido de las estaciones durante el 2015 para poder conocer el número aproximado de buses y trenes ligeros operativos necesarios para movilizarlos. Finalmente se ha tomado el día de fecha 23 de diciembre debido a que si bien no ha registrado picos importantes de usuarios por hora y sentido, ha tenido una alta demanda más equiparada entre todas las estaciones del sistema, permitiendo conocer el número máximo de usuarios que han utilizado el sistema. Las estaciones elegidas con mayor demanda son: Naranjal, Uni, Tomás Valle, Estación Central, Canaval y Moreyra, Plaza de Flores y Matellini. Cabe precisar que se ha tomado dos fechas distintas para las estaciones Naranjal y Matellini, en donde las estaciones Matellini A y Naranjal A tuvieron el mayor pico de usuarios por hora y sentido, mientras que las estaciones con la denominación B tuvieron una mayor cantidad de usuarios en un día entero.

Zona	Hora	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Total	Fecha
Lima Norte	Naranjal A	2846	13507	22716	13807	7620	4779	3350	3340	3240	3240	2906	2501	3255	3018	1766	957	687	306	20	93861	23.11
	Naranjal B	2540	11787	19955	13939	8777	6552	5103	4362	3970	3766	3368	3261	3554	3255	2296	1375	909	531	28	99328	23.12
	Uni	203	1133	2185	1900	970	663	502	519	525	551	587	576	692	910	658	543	419	292	19	13847	29.10
	T. Valle	188	1052	2419	2271	1362	1102	1043	1075	1055	917	895	837	1094	1083	1128	890	886	441	125	19863	23.12
Lima Centro	Estación Central	57	341	1109	1557	1303	1098	1604	2043	2574	2513	2282	2783	4330	5300	5398	4759	4211	3388	27	46677	28.10
	Canaval y Moreyra	31	141	373	342	442	632	847	1009	1007	911	1248	1481	3029	5757	4845	2772	1536	747	153	27303	15.12
	Angamos	62	415	1394	1532	1050	830	840	961	913	995	1040	1368	2684	4083	3414	2308	1121	465	166	25641	23.11
	Plaza de Flores	29	352	1584	1925	711	309	252	216	241	292	303	400	832	947	608	461	312	191	24	9989	30.04
Lima Sur	Matellini A	331	2759	6721	4633	2077	1384	1075	1081	1178	1089	1122	1396	2338	2542	1808	922	601	336	22	33415	14.04
	Matellini B	343	2789	6551	5275	2138	1567	1120	1092	1190	1106	1256	1412	2184	2665	1998	1025	559	333	32	34635	8.04
DÍA CON MAYOR DEMANDA		4721	23393	49387	42034	26185	21780	21145	21265	21680	22190	23291	25831	37515	47168	39982	27993	19018	11193	2051	487822	23.12

Tabla 10. Estaciones con Mayor Demanda – Metropolitano - 2015
Fuente: Protransporte (2015)
Elaboración Propia

La mayor afluencia de usuarios registrados en el BRT de Lima se encuentra principalmente entre las 6:00 y 9:00 horas y las 17:00 y 20:00 horas, ubicado principalmente en el sentido norte-sur y sur-norte respectivamente. Esto ocurre debido a que existe una mayor afluencia de usuarios que desde el sector norte se moviliza al centro a trabajar y/o estudiar, mientras que por la tarde, se identifica una fuerte demanda de usuarios que regresan a sus viviendas,

ubicadas principalmente en Lima Norte. Una vez identificados los días con mayor registro de usuarios y mayor afluencia de usuarios por hora y sentido, se procedió a determinar el número de viajes que se necesitarían para contrarrestar la demanda según la velocidad comercial del vehículo. Para el ejercicio se ha tomado en cuenta el tren ligero de 56 metros (rojo) y de 66 metros (verde) debido a que sus características les permiten afrontar la alta demanda de usuarios bajo una frecuencia viable.

La tabla 11 indica la demanda de usuarios según horario y estación, en este caso Naranjal y Matellini, y el número de vehículos que el sistema LRT necesita para transportarlos. Asimismo, se tuvo en cuenta el día con mayor demanda (23.12), de manera que se ha calculado el número de vehículos a utilizarse en proporción al día con mayor afluencia y a los picos de usuarios registrados en el sistema (23.11 y 14.04 para las estaciones Naranjal y Matellini).

	Hora	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	total	fecha
		2846	13507	22716	13807	7620	4779	3350	3340	3240	3240	2906	2501	3255	3018	1766	957	687	306	20	93861	23.11
SENTIDO NOROCCIDENTAL	N. Trenes	6	25	51	43	30	24	22	23	24	24	22	22	25	38	30	20	16	9	2	456	
	Capacidad	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	-	
	Total	3240	13500	27540	23220	16200	12960	11880	12420	12960	12960	11880	11880	13500	20520	16200	10800	8640	4860	1080	246240	
SENTIDO NOROCCIDENTAL	N. Trenes	6	25	49	43	29	22	20	22	20	20	21	24	37	28	20	15	8	2	433		
	Capacidad	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	-	
	Total	3372	14050	27538	24166	16298	12364	11240	12364	12364	11240	11240	11802	13488	20794	15736	11240	8430	4496	1124	243346	14.04
SENTIDO SURORIENTAL	N. Trenes	4	19	41	35	19	17	18	17	17	18	22	26	45	50	45	32	20	12	2	459	
	Capacidad	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	-	
	Total	2160	10260	22140	18900	10260	9180	9720	9180	9180	9720	11880	14040	24300	27000	24300	17280	10800	6480	1080	247860	
SENTIDO SURORIENTAL	N. Trenes	4	18	40	32	18	17	18	16	18	20	22	26	43	48	44	30	20	12	2	448	
	Capacidad	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	562	-	
	Total	2248	10116	22480	17984	10116	9554	10116	8992	10116	11240	12364	14612	24166	26976	24728	16860	11240	6744	1124	251776	
USUARIOS	(ambos sentidos) 66	5400	23760	49680	42120	26460	22140	21600	21600	22140	22680	23760	25920	37800	47520	40500	28080	19440	11340	2160	494100	
	(ambos sentidos) 56	5620	24166	50018	42150	26414	21918	21356	21356	22480	22480	23604	26414	37654	47770	40464	28100	19670	11240	2248	495122	
	Día con Mayor Demanda	4721	23393	49387	42034	26185	21780	21145	21265	21680	22190	23291	25831	37515	47168	39982	27993	19018	11193	2051	487822	23.12

Tabla 11. Frecuencia Hipotética según Demanda en día Operativo - LRT
Fuente: Protransporte (2015)
Elaboración Propia

El TL de 56 metros (en adelante TL56), necesitaría un total de 881 viajes diarios (ambos sentidos) para poder contrarrestar la demanda máxima actual (495 mil 122 pasajeros), mientras que el tren ligero de 66 metros (en adelante TL66), 915 viajes (494 mil 100 pasajeros). Debido a que la velocidad comercial de ambos TL es de 35 km/h., les tomaría aproximadamente 46 minutos en recorrer la ruta troncal. Considerando el tiempo que los usuarios toman en subir y descender de un vehículo, los TL tomarían casi una hora en completar la ruta. Por ello, el TL56 y el TL66 necesitarían de 77 y 78 vehículos respectivamente operando en hora punta.

Respecto al sistema BRT de Lima, lamentablemente no se pudo obtener la frecuencia ni el número de buses que se emplean para afrontar la demanda. Sin embargo, con los datos proporcionados por la entidad del número de usuarios según franja horaria, se obtuvo un

aproximado del número de viajes que necesitaría el sistema para afrontar la demanda de usuarios de acuerdo a la capacidad máxima de los buses articulados (160 usuarios). Tanto las cifras del día con mayor demanda como la demanda en horas específicas en los TL, se ha aplicado en la siguiente tabla.

METROPOLITANO	SENTIDO SUR NORTE	Hora	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	total	fecha
		Naranjal/Usuarios	2846	13507	22716	13807	7620	4779	3350	3340	3240	3240	2906	2501	3255	3018	1766	957	687	306	20	93861	23.11
		Num. De Buses	18	92	170	154	92	78	74	74	76	72	66	80	116	135	115	70	58	35	7	1582	
		Capacidad	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	-	
		Total	2880	14720	27200	24640	14720	12480	11840	11840	12160	11520	10560	12800	18560	21600	18400	11200	9280	5600	1120	253120	
METROPOLITANO	SENTIDO SUR NORTE	Hora	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	total	fecha
		Matellini/Usuario	331	2759	6721	4633	2077	1384	1075	1081	1178	1089	1122	1396	2338	2542	1808	922	601	336	22	33415	14.04
		Num. De Buses	12	55	140	110	72	60	60	60	60	68	80	82	120	160	136	106	63	38	7	1489	
		Capacidad	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	-	
		Total	1920	8800	22400	17600	11520	9600	9600	9600	9600	10880	12800	13120	19200	25600	21760	16960	10080	6080	1120	238240	
USUARIOS	(ambos sentidos)		4800	23520	49600	42240	26240	22080	21440	21440	21760	22400	23360	25920	37760	47200	40160	28160	19360	11680	2240	491360	
		Día con Mayor Demanda	4721	23393	49387	42034	26185	21780	21145	21265	21680	22190	23291	25831	37515	47168	39982	27993	19018	11193	2051	487822	23.12

Tabla 12. Frecuencia Hipotética Según Demanda en Día Operativo - BRT
Fuente: Protransporte (2015)
Elaboración Propia

Según la demanda presentada, el BRT necesitaría de 3071 viajes diarios para transportar a todos los usuarios del sistema (en total 491 mil 360 pasajeros). La velocidad comercial promedio del Metropolitano es de 25 km/h, por lo tanto, los buses completarían la ruta en aproximadamente una hora de viaje. En hora punta, para poder movilizar a toda la demanda, el sistema requeriría de 310 buses, 10 buses más de lo que la ruta troncal puede abarcar. Los buses expreso, los cuales operan en hora punta, tienen una mayor velocidad que los buses regulares, asimismo no paran en todas las estaciones y no completan toda la ruta, por lo que podrían ocupar el déficit encontrado en la tabla. Por ello se ha considerado que el sistema emplea solamente 300 buses en hora pico.

TREN LIGERO	COSTE OPERATIVO ANUAL DEL TREN LIGERO														RUTA (km)	NÚMERO DE VIAJES DIARIOS (ambos sentidos)	VEH/KM DIARIOS (ambos sentidos)	COSTE OPERATIVO DIA (6.80 EUROS)		COSTE OPERATIVO ANUAL
	HORARIO	NUM. DE VIAJES (por sentido NS)		FRECUENCIA NS (Headway) (Minutos)		NUM. DE VIAJES (por sentido SN)		FRECUENCIA SN (Headway) (Minutos)		RUTA (km)	NÚMERO DE VIAJES DIARIOS (ambos sentidos)	VEH/KM DIARIOS (ambos sentidos)	COSTE OPERATIVO DIA (6.80 EUROS)		RUTA (km)	NÚMERO DE VIAJES DIARIOS (ambos sentidos)	VEH/KM DIARIOS (ambos sentidos)	COSTE OPERATIVO DIA (6.80 EUROS)		COSTE OPERATIVO ANUAL
		56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m				56 m	66 m				56 m	66 m	
		56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m				56 m	66 m				56 m	66 m	
		56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m	56 m	66 m				56 m	66 m				56 m	66 m	
	5:00 - 6:00	6	6	10.00	10.00	4	4	15.0	15.00											56 m
	6:00 - 7:00	25	25	2.40	2.40	18	19	3.33	3.16											
	7:00 - 8:00	49	51	1.22	1.18	40	41	1.50	1.46											
	8:00 - 9:00	43	43	1.40	1.40	32	35	1.88	1.71											
	9:00 - 10:00	29	30	2.07	2.00	18	19	3.33	3.16											
	10:00 - 11:00	22	24	2.73	2.50	17	17	3.53	3.53											
	11:00 - 12:00	20	22	3.00	2.73	18	18	3.33	3.33											
	12:00 - 13:00	22	23	2.73	2.61	16	17	3.75	3.53											
	13:00 - 14:00	22	24	2.73	2.50	18	17	3.33	3.53											
	14:00 - 15:00	20	24	3.00	2.50	20	18	3.00	3.33	26	881	915	22,906	23,790	155,761	161,772				66 m
	15:00 - 16:00	20	22	3.00	2.73	22	22	2.73	2.73											
	16:00 - 17:00	21	22	2.86	2.73	26	26	2.31	2.31											
	17:00 - 18:00	24	25	2.50	2.40	43	45	1.40	1.33											
	18:00 - 19:00	37	38	1.62	1.58	48	50	1.25	1.20											
	19:00 - 20:00	28	30	2.14	2.00	44	45	1.36	1.33											
	20:00 - 21:00	20	20	3.00	3.00	30	32	2.00	1.88											
	21:00 - 22:00	15	16	4.00	3.75	20	20	3.00	3.00											
	22:00 - 23:00	8	9	7.50	6.67	12	12	5.00	5.00											
	23:00	2	2	30.00	30.00	2	2	30.00	30.00											
	TOTAL VIAJES	433	456			448	459													

Tabla 13. Coste Operativo por Día y Año - LRT
Fuente: Protransporte (2015), R. Cervero (2013)
Elaboración Propia

Para obtener el costo operativo se multiplicó el número de viajes totales diarios realizados por la extensión de la ruta, en este caso 26 kilómetros. El TL56 obtuvo un total de 22 mil 906 kilómetros recorridos mientras que el TL66, 23 mil 790 kilómetros recorridos. Con un coste de 6.80 por kilómetro recorrido, anualmente los TL56 y TL66 demandarían un costo operativo de 56 millones 852 mil 692 euros y 59 millones 46 mil 780 euros respectivamente.

El costo operativo del metropolitano de Lima se obtuvo bajo la misma lógica del LRT, es decir, multiplicando el coste indicado por Cervero, el cual señala que el CO es 2.64 por kilómetro recorrido, cifra menor que los TL. A diferencia de los TL, los buses articulados, por sus características, deben de compensar su poca capacidad con más buses. Esto, a la larga, sería más costoso a pesar de representar un costo menor por recorrido debido al número de buses que se emplean.

METROPOLITANO	METROPOLITANO - BRT											
	HORARIO		NUM. DE VIAJES (por sentido)		FRECUENCIA (HEADWAY) (MINUTOS)		RUTA (km)	NÚMERO DE VIAJES DIARIOS (ambos sentidos)		VEH/KM DIARIOS (ambos sentidos)	COSTE OPERATIVO DIA (2.64 EUROS)	COSTE OPERATIVO ANUAL
			NS	SN	NS	SN						365
	5:00 - 6:00		18	12	3.33	5.00	26	3071		79846	210793	76,939,606
	6:00 - 7:00		92	55	0.65	1.09						
	7:00 - 8:00		170	140	0.35	0.43						
	8:00 - 9:00		154	110	0.39	0.55						
	9:00 - 10:00		92	72	0.65	0.83						
	10:00 - 11:00		78	60	0.77	1.00						
	11:00 - 12:00		74	60	0.81	1.00						
12:00 - 13:00		74	60	0.81	1.00							
13:00 - 14:00		76	60	0.79	1.00							
14:00 - 15:00		72	68	0.83	0.88							
15:00 - 16:00		66	80	0.91	0.75							
16:00 - 17:00		80	82	0.75	0.73							
17:00 - 18:00		116	120	0.52	0.50							
18:00 - 19:00		135	160	0.44	0.38							
19:00 - 20:00		115	136	0.52	0.44							
20:00 - 21:00		70	106	0.86	0.57							
21:00 - 22:00		58	63	1.03	0.95							
22:00 - 23:00		35	38	1.71	1.58							
23:00		7	7	8.57	8.57							
TOTAL		1582	1489									

Tabla 14. Coste Operativo por Día y Año - BRT
Fuente: Protransporte (2015), R. Cervero (2013)
Elaboración Propia

Anualmente, los buses estarían representando un coste operativo de 76 millones 939 mil 606 euros. Debido a que el sistema tiene una vida útil de 30 años como mínimo (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2008) la inversión ascendería, en 30 años, a más de 2 billones y medio de euros, una cifra mayor a los sistemas LRT propuestos (Tabla 15).

COSTO OPERATIVO TOTAL (30 AÑOS)			
SISTEMA		GASTO OPERATIVO	GASTO OPERATIVO (AÑOS)
		1 día	1 año 30
BRT		210,793	76,939,606 2,308,188,168
LRT	56m	155,761	56,852,692 1,705,580,760
	66m	161,595	59,046,780 1,771,403,400

Tabla 15. Coste Operativo en 30 años – Sistemas BRT y LRT
Fuente: Protransporte (2015), R. Cervero (2013)
Elaboración Propia

Dentro del costo operativo se ha incluido el costo de los vehículos. Los buses tienen una vida útil de 15 años mientras que los TL, 30 años (Calgary Transit Authority, 2002). Respecto al valor monetario del vehículo, los buses articulados tienen un precio promedio de 477 mil 519 euros, mientras que los LRT un promedio de 2 millones, 728 mil 680 euros. Debido a que los vehículos propuestos son más grandes que el promedio, se les ha valorizado con un mayor precio. Asimismo, se ha considerado un total de 600 buses (en base a 30 años de concesión) debido a su vida útil de 15 años. No se ha considerado un número extra de TL debido a que su vida útil cubriría toda la etapa operativa de la concesión.

COSTO DE LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO					
SISTEMA		VEHICULO (precio unitario en €)	VEHICULOS OPERATIVOS	VIDA ÚTIL	TOTAL (€)
BRT		477,159	600	15	286,295,400
LRT	56	5,000,000	77	30	385,000,000
	66	6,000,000	78	30	468,000,000

Tabla 16. Costo de Vehículos – Sistemas BRT y LRT
Fuente: Calgary Transit Authority (2002)
Elaboración Propia

Según el precio, número y tiempo operativo del vehículo, el BRT costaría, a pesar de contar con mayor flota de vehículos, menos que ambos sistemas LRT, dato que es consecuente con la realidad debido a que los TL cuentan con mayor tecnología y tamaño. Sin embargo, unificando los costos de capital, costos operativos y el costo vehicular según su vida útil, el resultado final es que el sistema LRT sería económicamente más viable que el sistema BRT en el largo plazo.

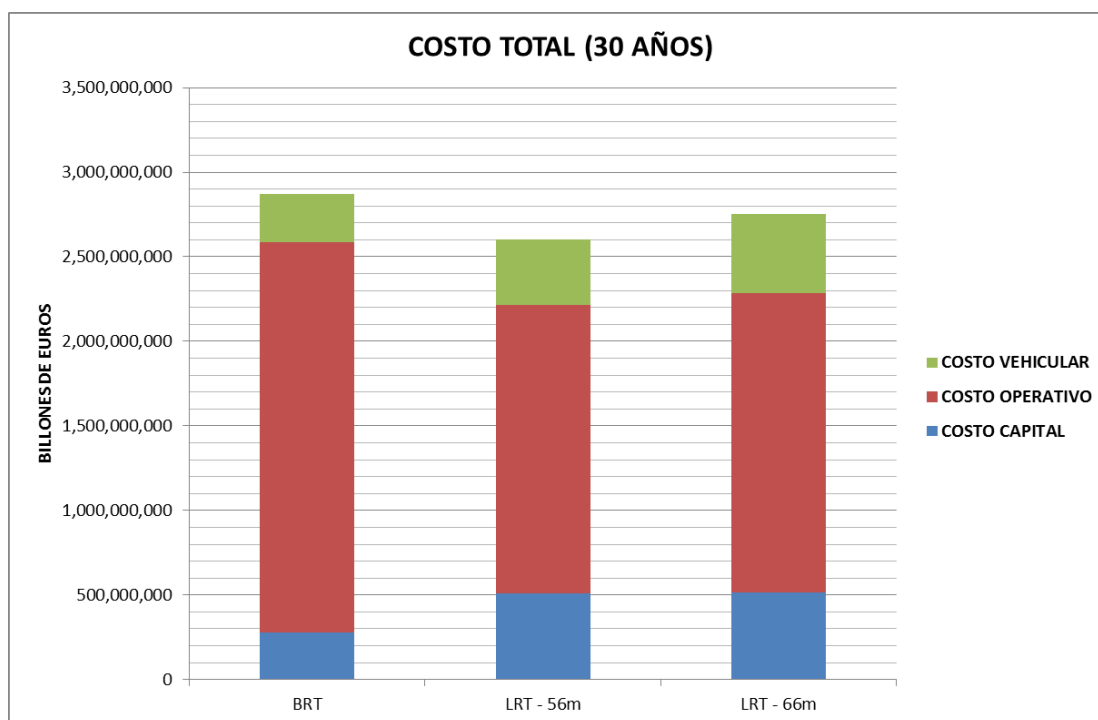


Gráfico 03. Costo Total en 30 años – Comparación entre Sistemas BRT y LRT
Fuente: Elaboración Propia

Más de 271 millones de euros sería la diferencia económica entre el BRT y el TL de 56 metros, mientras que el TL de 66 significaría un ahorro de más de 118 millones de euros.

El punto de quiebre entre ambos sistemas radica en el costo operativo en donde el BRT demanda de muchos buses para poder movilizar a la gran demanda actual, principalmente en hora punta en donde ya se verificó que los buses expreso tendrían que recuperar el déficit de buses en la ruta según sus características de desplazamiento. Aun así, la frecuencia entre los buses, que si bien es de 20 segundos pero se podría ampliar a 40 segundos ya que disponen de 2 a 3 paraderos por estación, sigue siendo crítica debido a las ya mencionadas aglomeraciones que podrían originar retrasos en la ruta, perjudicando la frecuencia debido al ritmo tan ajustado de buses que se presentan en hora punta.

Respecto a la capacidad de ambos sistemas en hora punta, tanto el TL56 como el TL66 tendrían una mayor capacidad de usuarios para afrontar la actual aglomeración de usuarios.

6.2. Impacto Ambiental y Social

6.2.1. Ambiental

Para poder conocer el impacto ambiental de los gases de efecto invernadero en la ciudad (CO_2) por el funcionamiento de ambos sistemas, se ha tomado en cuenta al número de vehículos operativos obtenido en la fase operacional (bus articulado y tren ligero) y el número de personas que transportan de acuerdo a la frecuencia establecida durante los 30 años que dura la concesión del Metropolitano. Según la oficina catalana del cambio climático perteneciente a la Generalitat de Catalunya, el factor de emisión de un autobús urbano que utiliza GNV o gas natural vehicular (también conocido como GNC o gas natural comprimido), el cual es un dato medio que considera datos reales de consumo, distancia y número de pasajeros, es de 125,52 gramos de CO_2 / Pasajero por Kilómetro recorrido. Respecto a los trenes ligeros, la Agencia Europea del Medioambiente (EEA por sus siglas en inglés), considera que las emisiones de éste tipo de vehículos en operación es de 65 gramos de CO_2 /Pasajero por kilómetro recorrido.

Para obtener la cantidad de CO_2 emitido, se ha considerado como promedio el número total de pasajeros transportados indicado en el capítulo del CO (incluyendo días no laborables y festivos como si fueran un día laborable), y el número de vehículos ya obtenido que se necesitan para soportar dicha demanda. Si bien no todos los usuarios recorren los 26km que componen la ruta troncal, para el ejercicio se ha tomado en cuenta el patrón ya comentado, es decir, la zona a la que se dirigen mayormente los usuarios del Metropolitano. Por ello, se ha considerado que el 60% de usuarios se baja en alguna estación ubicada en Lima Centro, recorriendo 16 kilómetros, un 20% de usuarios recorre 22 kilómetros y el último 20% recorre el 100% de la ruta. Finalmente, no se ha considerado un crecimiento en la demanda de usuarios durante los 30 años de operatividad, ni tampoco en la demanda de usuarios por hora y sentido, debido a que de presentar una mayor demanda de usuarios, lo cual es algo inevitable al largo plazo, el gobierno municipal de Lima debería de proponer un sistema alternativo de transporte público que alivie la saturada demanda de usuarios, ya que según el ITDP, de existir

una demanda que se ubique o supere los 30 mil usuarios por hora y sentido, se debería de considerar un metro soterrado.

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS BRT Y LRT EN LA CIUDAD													
SISTEMA		TOTAL DE USUARIOS TRANSPORTADOS EN UN DIA (%)			KILOMETROS RECORRIDOS SEGÚN PORCENTAJE USUARIOS			GRAMOS DE CO2/PASAJERO/ KM (0.125 BRT Y 0.065 LRT)			TOTAL (DIA)	TOTAL AÑO (365 DÍAS)	30 AÑOS
		60	20	20	16	22	26					365	30
BRT		294,816	98,272	98,272	4,717,056	2,161,984	2,555,072	589,632	270,248	319,384	1,179,264	430,431,360	12,912,940,800
LRT	56	297,073	99,024	99,024	4,753,171	2,178,537	2,574,634	308,956	141,605	167,351	617,912	225,537,973	6,766,139,203
	66	296,136	98,712	98,712	4,738,176	2,171,664	2,566,512	307,981	141,158	166,823	615,963	224,826,451	6,744,793,536

Tabla 17. Impacto Ambiental de los Sistemas BRT y LRT
Fuente: EEA (2016), Oficina Catalana del Cambio Climático (2011)
Elaboración Propia

Luego del contraste del número de vehículos empleados para afrontar la demanda con la cantidad de gramos de CO₂ que expulsan, se obtiene que el sistema BRT duplica en emisiones de efecto invernadero al sistema LRT. Mientras que el BRT diariamente emite 1.179 kg CO₂ (un poco más de una tonelada), el TL56 y TL66 emitirían 617.912 y 615.963 kilogramos de CO₂ respectivamente (un poco más de media tonelada). En 30 años, el BRT emitiría más de seis mil millones de toneladas de CO₂ que los dos TL propuestos, a pesar de movilizar menor cantidad de pasajeros que los sistemas LRT.

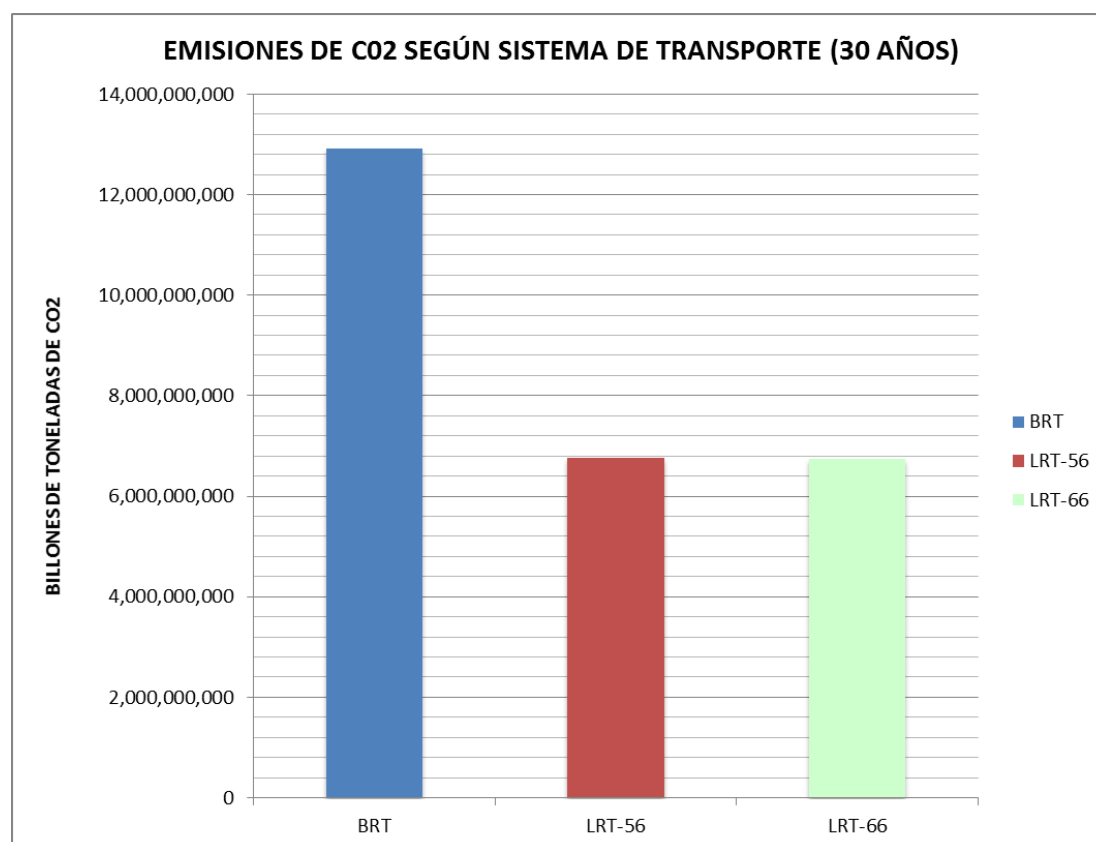


Gráfico 04. Impacto Ambiental de los Sistemas BRT y LRT en la Ciudad
Fuente: Elaboración Propia

Si bien el GNV es una energía no renovable que contamina mucho menos que los vehículos que utilizan diesel, ante una comparación con sistemas LRT que utilizan energía eléctrica, éstos llegan a ser dos veces más contaminantes. Por ello, la oportuna propuesta de un sistema LRT en una ciudad con altos índices de contaminación de CO₂ y material particulado como el PM_{2.5}, no solamente hubiera mejorado notablemente la calidad de vida de la ciudad, sino que hubiera alentado a que muchos usuarios dejen de utilizar vehículos de transporte convencional en Lima y opten por un servicio más amigable con el medio ambiente.

6.2.2. Social

El coste social del transporte es aquel que no es soportado por quien toma la decisión de desplazarse y la elección del medio que utilizará. Cuando un usuario de infraestructura viaria toma una decisión de viaje, compara los beneficios que le reporta dicho viaje con los costes en los que incurre (...) valorando los costes y beneficios privados, sin tomar en cuenta los que impone a los demás por los aumentos de congestión o riesgo de accidentes (Betelu, Anta y Aldabe, 2004).

El aumento de la congestión producido por los viajes privados incide tanto en el tiempo de ese usuario como de otros debido a que podrían disponer de ese tiempo para realizar otro tipo de actividades más productivas. A ese tiempo perdido se le ha denominado Costo de oportunidad, el cual es el tiempo de más que se toma un usuario en transportarse y que podría emplearse en una labor productiva (Corena, 2014).

Para obtener el costo de oportunidad, se han creado tres escenarios, el primero en donde se compara el sistema propuesto con el Metropolitano, el segundo caso en donde se utiliza el resto de los vehículos de transporte público (combi, custer y bus) y finalmente donde un usuario usa un medio de transporte privado.

Caso 1 – Sistemas BRT y LRT

Si bien el costo de oportunidad mide el tiempo de viaje de un usuario dentro de un vehículo de transporte público, ha sido necesario obtener el tiempo real del viaje de un usuario del Metropolitano y el tiempo de viaje hipotético de un usuario del TL. Como menciona la ERRAC (2012), desde el punto de vista del usuario, el tiempo real de puerta a puerta es probablemente la variable de mayor importancia, por encima de las velocidades máximas. Por lo tanto, el tiempo real de viaje debe de considerar no solamente el tiempo de viaje del vehículo, sino el tiempo de viaje del usuario desde y hacia la estación, el tiempo que toma para entrar a la estación, el tiempo desde la entrada de la estación a la plataforma de embarque y el tiempo transcurrido esperando al vehículo el cual incluye el tiempo de abordaje y descenso del vehículo (Institute For Transportation & Development Policy, 2010).

Debido a que la comparación de ambos sistemas se realiza mediante la misma ruta, existirán diversas cifras similares.

Según el ITDP, para obtener el Tiempo de Viaje real, el cual incluye el costo de oportunidad, se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

$$T_{vt} = T_{oa} + T_{ep} + T_{ev} + T_{av} + T_{vv} + T_{dv} + T_{pe} + T_{ed}$$

Donde:

T_{vt} = Tiempo de viaje total

T_{oa} = Tiempo de viaje desde el origen a la estación de transporte público

T_{ep} = Tiempo en llegar desde la entrada de la estación a la plataforma más lejana

T_{ev} = Tiempo de espera por un vehículo

T_{av} = Tiempo de abordaje al vehículo

T_{vv} = Tiempo de viaje del vehículo

T_{dv} = Tiempo de descenso del vehículo

T_{pe} = Tiempo de viaje desde la plataforma del vehículo hasta la salida de la estación

T_{ed} = Tiempo de viaje desde la salida de la estación hasta el destino final

Como la comparación de ambos sistemas se basa mediante la misma ruta, tanto el **T_{oa}**, el **T_{ep}**, **T_{pe}** y el **T_{ed}**, tendrán tiempos similares. Sin embargo para el **T_{ev}**, **T_{av}**, **T_{vv}**, se ha considerado, para el caso del BRT, los tiempos actuales observados en las estaciones, mientras que en el LRT, los tiempos hipotéticos se basarán en información que se indicará más adelante.

Para el cálculo se han considerado las dos estaciones que presentan mayores problemas en hora pico al momento de abordar y descender de un vehículo, es decir, las estaciones Naranjal y Canaval y Moreyra, ambos ubicados en Lima Norte y Centro, respectivamente, encontrándose entre sí a una distancia de 14 kilómetros. Teniendo la ruta troncal un área de influencia de 200 metros a la redonda, se ha considerado el tiempo máximo que le tomaría al usuario más lejano llegar a la estación así como al lugar donde trabaja o estudia. Para cada ítem (**T_{oa}** y **T_{ed}**) se ha considerado un tiempo de 5 minutos. Asimismo, para ambos sistemas se ha considerado el **T_{ep}** y el **T_{pe}** en 30 y 60 segundos, respectivamente, debido a que son tiempos que tienen que ver con la infraestructura y no con el servicio. Los puntos donde radica la diferencia en el tiempo de ambos sistemas se encuentran en los **T_{ev}**, **T_{av}**, **T_{vv}** y **T_{dv}**.

TIEMPO DE VIAJE REAL										
SISTEMA	TOA	TEP	TEV	TAV	TVV	TDV	TPE	TED	TOTAL (Seg)	TOTAL (min)
BRT	300	30	900	35	1976	20	60	300	3621	60.35
LRT	300	30	420	25	1440	10	60	300	2585	43.08

Tabla 18. Tiempo de Viaje Real – Sistemas BRT y LRT
Fuente: ITDP (2010)
Elaboración Propia

En hora punta, la estación naranjal tiene actualmente un tiempo máximo de espera de 15 minutos (Protransporte, 2016) antes de acceder a un bus, 35 segundos en promedio en acceder a un bus y que éste inicie su recorrido y 20 segundos en promedio es lo que toma esperar a que el bus abra las puertas y descender de él. Dentro del tiempo hipotético que le tomaría a un usuario esperar un TL, se ha considerado un máximo de 7 minutos ya que los TL propuestos cuentan con mayor carga de pasajeros en hora punta que la actual afluencia de usuarios (300 y 600 más pasajeros) por ello, la presente existencia de aglomeraciones se vería reducida significativamente y por ende, el tiempo de espera.

El Tav y el Tdv también se verían reducidos debido a que el TL cuenta con más puertas de acceso y descenso, haciendo más rápido el flujo de usuarios, por lo que se ha considerado un total de 20 segundos para el Tav y 10 segundos para el Tdv. El mayor tiempo asignado al tav radica en que se acostumbra que los usuarios salgan del vehículo antes de acceder a él.

El Tvv del Metropolitano, según la velocidad promedio indicada, tomaría alrededor de 33 minutos en llegar a la estación Canaval y Moreyra, mientras que el TL, 24 minutos.

El tiempo real de viaje de un usuario del BRT que se dirige desde la estación Naranjal hacia Canaval y Moreyra es de 60 minutos, mientras que un usuario hipotético del TL tomaría 43 minutos.

Caso 2 –Transporte Público Tradicional

Según la encuesta del diario El Comercio elaborado por la consultora Ipsos Perú el 2015, diariamente los limeños pasan 1 hora y 45 minutos, en promedio, a bordo de uno o más de los otros vehículos de transporte público que aún existen en Lima.

Si se toma en cuenta que en un día laboral mayormente los viajes se realizan por motivo de trabajo, es decir, un viaje al centro de trabajo y luego otro viaje de retorno a la vivienda, se podría deducir que cada viaje toma 52.5 minutos. Como el viaje desde la estación Naranjal hasta Canaval y Moreyra se encuentra fuera del rango de un viaje promedio debido a la lejanía entre ambos puntos, se ha considerado un viaje hipotético de 1 hora y 30 minutos (sólo un sentido).

Si bien el análisis de la encuesta no toma el tiempo de viaje total, agregando los cinco minutos que toma en promedio acudir al paradero del bus, tres minutos en promedio por esperar al bus y cinco minutos que le tomaría al usuario bajar del vehículo y acudir a su local de trabajo, el tiempo real de viaje sería de 1 hora y 43 minutos.

Caso 3 – Auto Privado

Si una persona decide movilizarse en un auto privado, tiene que tener en cuenta que, según la organización peruana Transitemos, a pesar de que Lima Metropolitana tenga una baja tasa de motorización, presenta una velocidad de tráfico en hora pico entre los 13-14 km/h. Es decir, si una persona que vive en las inmediaciones de la estación Naranjal decide movilizarse en su auto particular hasta las inmediaciones de la estación Canaval y Moreyra, a una velocidad de 14km/h, le tomaría 1 hora en llegar a su centro de trabajo. En este caso, no se agregaron

tiempos extra debido a que este tipo de transporte se le considera de puerta a puerta, a pesar que el distrito de San Isidro, donde radica la estación Canaval y Moreyra, no cuenta con suficientes espacios para el estacionamiento de vehículos privados, por lo que el tiempo podría aumentar.

Realizando una comparación entre los casos propuestos, la elección de los sistemas BRT y LRT para desplazarse principalmente en hora punta resulta más beneficioso para los ciudadanos limeños ya que implica realizar el mismo viaje en un menor tiempo. Para el mismo recorrido, El BRT tomaría 60 minutos, el LRT 43 minutos, un auto particular 60 minutos y otro servicio de transporte público (bus, combi o custer), 80 minutos. De acuerdo a las estimaciones presentadas, es coherente que el Metropolitano cuente con una alta demanda de usuarios debido a que es un sistema que ha logrado reducir el tiempo de viaje, aunque con graves problemas como la ya mencionada aglomeración de usuarios.

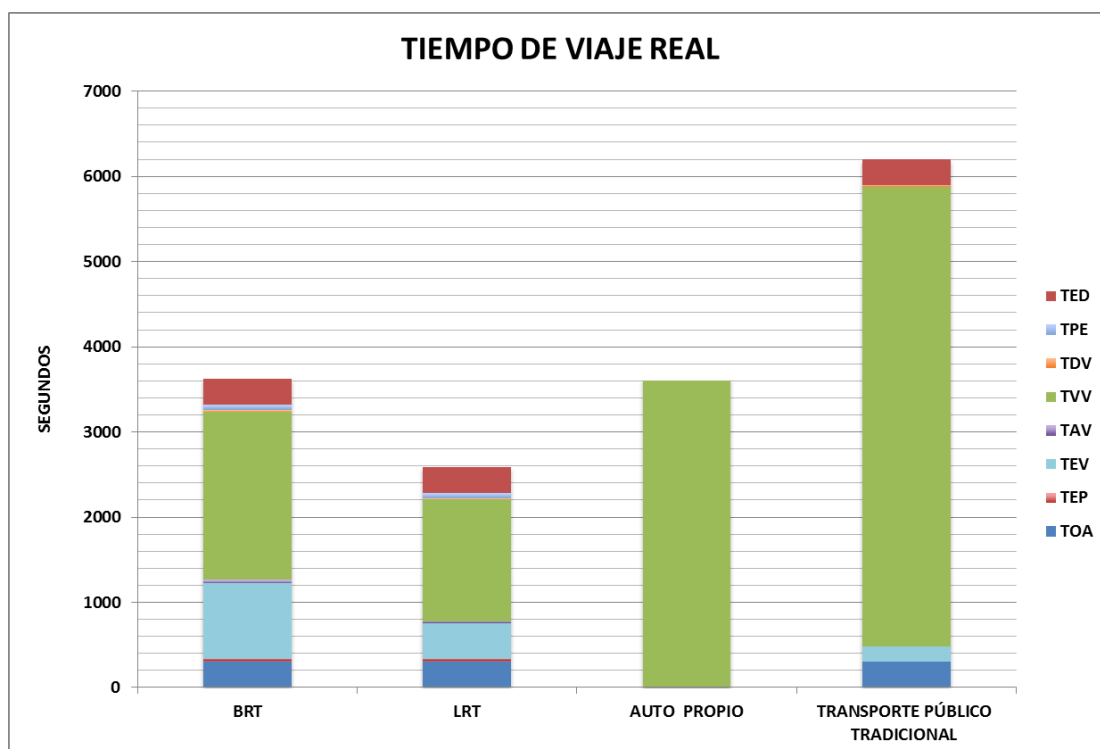


Gráfico 05. Tiempo de Viaje Real según Tipo de Vehículo
Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, el TL no solamente reduciría aún más el tiempo de viaje total respecto al actual BRT, y por ende el costo de oportunidad, sino que su capacidad influiría en la reducción del tiempo de espera de los usuarios. Haciendo una comparación de los tiempos entre los sistemas BRT y LRT, existe un margen de 15 minutos ahorrados por parte del TL, influenciado por el Tev y Tvv que hacen la diferencia entre ambos sistemas.

Capítulo 7: **CONCLUSIONES**

En el largo plazo, la propuesta de un sistema LRT en la actual ruta troncal del BRT que actualmente opera en Lima hubiera sido más beneficioso para la ciudad debido a sus condiciones presentadas que pueden hacer frente a las actuales cifras de demanda originada principalmente en hora punta.

En el aspecto social, no se puede negar el aporte del BRT en la reducción del tiempo de viaje de los usuarios directos, sin embargo, la aplicación de un LRT hubiera tenido un impacto más positivo en dicha reducción, y por ende en la disminución de las aglomeraciones ya comentadas, incentivando a otros usuarios a utilizar dicho servicio y reducir indirectamente las emisiones de CO₂ que se produce principalmente por el uso de vehículos de transporte privado y público tradicional. El sistema propuesto además ha resultado ser económicamente más viable al largo plazo y con un impacto ambiental menor al BRT, debido a que su funcionamiento se basa principalmente mediante energía eléctrica, a pesar de que el BRT utilice GNV.

Como ya se indicó, el sistema BRT ha significado en muchos países como Bogotá y Curitiba, que dicho sea de paso siguen siendo un referente mundial en la ejecución de este tipo de sistema, una evolución en el transporte público, pero que sin embargo sus limitaciones se han puesto de manifiesto cuando tuvo que operar bajo una frecuencia reducida debido a la cantidad de vehículos operativos en hora punta para contrarrestar dicha demanda, originando no solamente retraso en la frecuencia de los buses y aglomeración de usuarios, sino un gran gasto operativo. Muchos gobiernos optan por el sistema BRT debido a su bajo costo de capital y no toman mucha importancia al alto costo operativo que puede generar una alta demanda de usuarios, que ya ha demostrado ser de vital importancia para el éxito de cualquier sistema que se proyecte a largo plazo y que la elección de ese sistema sea justamente por el aspecto económico.

En el caso de Lima, cabe resaltar también el hecho que los sistemas LRT propuestos trabajarían bajo características operativas que bordean su máxima capacidad y que de presentarse mayor demanda, se debería de considerar ampliar el tamaño de los vehículos a 72 metros (actualmente en Casablanca, Israel opera un TL de este tamaño) que tendría una capacidad aproximada de 33 mil pasajeros por hora y sentido. Sin embargo, debido a la alta demanda que ya se ha comprobado proveniente de Lima Norte y que seguramente aumentará en Lima Sur y Centro si se aplican cambios de zonificación en las zonas adyacentes a la ruta troncal, el sistema LRT necesitaría, como lo menciona Gustavo Guerra ex presidente del directorio de Protransporte, de un sistema alternativo de transporte masivo, como un metro soterrado, que pueda brindar un soporte a la actual ruta. Asimismo, la autoridad que gestiona el transporte público de Lima debe, de manera urgente, integrar a todos los sistemas tradicionales bajo una misma política de recaudo y ejercer un mayor control en la calidad de servicio, proponer la mejora de los combustibles según los estándares internacionales y en el número de buses operativos y así reducir las superposición de rutas que no solamente

congestionan las vías, sino que aumentan los tiempos de desplazamiento de los habitantes, las cifras de accidentes de tránsito y la generación de contaminación ambiental.

Respecto a las condiciones actuales adyacentes a la ruta troncal del BRT, la decisión de un sistema LRT no hubiera sido del todo una quimera ya que se ha comprobado que la ciudad cuenta con condiciones básicas para la imposición de este sistema como densidad, patrones de movimiento establecidos y una ruta que cuenta con un alto número de usuarios por hora y sentido que convertirían viable al sistema planteado.

La toma de decisiones proveniente de los gobiernos de otros países ha demostrado un impacto directo en la gestión del transporte público de sus ciudades, y en el caso específico de Lima, se ha evidenciado mediante las diversas etapas transcurridas del transporte público que en cierta forma han influido en la preocupante actualidad. Por lo tanto, las decisiones tienen que efectuarse analizando diversas perspectivas, entre ellas económicas y ambientales, éste último dejado de lado en los años noventa en Lima cuando se aprobaron las leyes aprobando la importación de vehículos usados, donde su importancia actual ha derivado en la creación de diversos congresos internacionales y leyes en pro de sistemas amigables con el medio ambiente y que a su vez cuenten con beneficios sociales importantes.

Finalmente, la presente tesis no pretende minimizar las virtudes del BRT y tampoco criticar la gestión de diversos países, incluido el Perú, por la elección de este sistema en ciudades que cuentan con muchos habitantes y con problemas de desarrollo urbano que generen una fuerte dependencia por el centro, y por ende, incentive la creación de sistemas de transporte que conecten la periferia con las zonas económicamente más activas del centro. Por ello, la creación de nuevos sub centros en diversos puntos de la ciudad es otra labor pendiente del gobierno, la cual generará una menor dependencia por el centro y en los tiempos de desplazamiento. Asimismo, la promoción de una ciudad más compacta y cambio de zonificación de RDM A RDA en zonas adyacentes a sistemas de transporte público masivo permitirán que los sistemas sean operativamente más baratos ya que tendrán un menor recorrido y registrarán un aumento en el número de usuarios.

La tarea por el ordenamiento del transporte público en Lima es ardua mas no imposible y solamente se realizará con un gobierno que tenga la voluntad, la capacidad de resolver este problema que tiene disconforme a la mayoría de los habitantes de la ciudad.

Capítulo 8: **BIBLIOGRAFÍA**

- ALCALDE FERNÁNDEZ, O. (2012). *La Nueva Era del Tranvía como Modo de Transporte: ¿Necesidad o Moda?* Barcelona, España.
- AUTORIDAD DEL TRANSPORTE METROPOLITANO – ATM (2015). Encuesta de Movilidad en Día Laborable. Barcelona, España.
- AVELLANEDA, P. Y DEXTRE J. (2014). *Movilidad en Zonas Urbanas*. Lima, Perú.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID (2015). *Comparative Case Studies of Three IDB- Supported Urban Transport Projects*. Washington D.C, Estados Unidos.
- BANCO MUNDIAL – BM (1996). *Sustainable Transport: Priorities for Policy Reform*. The World Bank. Washington, D.C. Estados Unidos.
- BIELICH SALAZAR, C. (2009). *La Guerra del Centavo. Una Mirada Actual al Transporte Público en Lima Metropolitana*. Lima, Perú.
- BLACK, WILLIAM R. (1996). *Sustainable Transportation: A U.S. Perspective*. *Journal of Transport Geography*. Estados Unidos.
- BRT CENTRE OF EXCELLENCE, EMBARQ, IEA and SIBRT. GLOBAL BRTDATA. (2016). Version 3.11. <http://brtdata.org/>
- CALGARY TRANSIT AUTHORITY (2002). *A Review of Bus Rapid Transit*.
- CENTRO NACIONAL DE PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO – CEPLAN (2013). *La Gestión del Sistema de Transporte Público Peruano al 2050*. Lima, Perú.
- _____ (2011). *Plan Regional de Desarrollo Concertado de Lima (2012-2025)*. Lima, Perú.
- CERVERO, R. (2013). *Bus Rapid Transit (BRT): An Efficient and Competitive Mode of Public Transport*. California, Estados Unidos.
- CERVERO, R. Y GRAFTIEAUX P. (2008). *Bus Rapid Transit Systems in Latin America and Asia: Results and Difficulties in 11 cities*. *Transportation Research Record*, Vol. 2072, pp.77-88.
- COMISIÓN MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid, España.
- CORENA FORERO, C. (2014). *Estrategias de Conexión para Transmilenio Bogotá. Caso de Estudio: Zona NorOriental*. (Tesis de maestría). Recuperada de http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24114/CORENA_CESAR_TESIS.pdf
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO – CAF (2011). *Desarrollo Urbano y Movilidad en América Latina*. Panamá.
- COUNCIL EUROPEAN UNION – CEU (2002). *Integration Of Environment Into Transport Policy*. Bruselas, Bélgica.
- DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ - SENAMHI (2011). *Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana 2011*. Lima, Perú.
- EMBARQ (2011). *BRT/Bus Corridors Database*. Washington, Estados Unidos.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2016). *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*

- THE EUROPEAN RAIL RESEARCH ADVISORY COUNCIL - ERRAC (2012). *Metro, Light Rail and Tram Systems in Europe*.
- FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA, G., FERNÁNDEZ-MALDONADO A. Y DEL POZO J. (2014). *Recent Changes in the Patterns of socio – Spatial Segregation in Metropolitan Lima*.
- GODARD, X. Y FATONZOUN, L. (2002). *Urban Mobility for All: La Mobilité Urbaine pour Tous*.
- GONZALES DE OLARTE, E. Y DEL POZO SEGURA, J. (2008). *Lima, una ciudad Policéntrica. Un Análisis a partir de la localización del Empleo*.
- GREENE D. Y WEGENER M. (1997). *Sustainable Transport*. *Journal of Transport Geography* 5 (3), 177 – 190.
- HIDALGO, D. Y GUTIERREZ L. (2012). *BRT and BHLS Around the World: Explosive Growth, Large Positive Impacts and Many Issues Outstanding*. Washington, Estados Unidos.
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA DE CATALUNYA (2015). *Proyecciones de Població de Catalunya 2015 – 2030. Base 2002*.
- INSTITUTE FOR TRANSPORTATION & DEVELOPMENT POLICY - ITDP (2010). *Bus Rapid Transit Planning Guide*. Nueva York, Estados Unidos.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA – INEI (2014). *Una Mirada a Lima Metropolitana*. Lima, Perú.
- _____ (2012). *Perú. Compendio Estadístico*. Lima Perú.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2010). *Transport Energy Efficiency*. París, Francia.
- KABLE BUSINESS INTELLIGENCE LIMITED – KBIL (2015). *Rio Light Rail Transit System, Rio de Janeiro, Brazil*.
<http://www.railway-technology.com/projects/rio-light-rail-transit-system-rio-de-janeiro/>
- LIMA COMO VAMOS (2013). *Evaluando la Gestión de Lima. Cuarto Informe de Resultados sobre Calidad de Vida*. Lima, Perú
- _____ (2014). *Evaluando la Gestión de Lima. Quinto Informe de Resultados sobre Calidad de Vida*. Lima, Perú.
- _____ (2014). *Encuesta Lima Como Vamos. Quinto Informe de Percepción sobre Calidad de Vida*. Lima, Perú.
- _____ (2014). *¿Cómo Vamos en Movilidad? Quinto Informe de Resultados sobre Calidad de Vida*. Lima, Perú.
- _____ (2015). *Encuesta Lima Como Vamos. Sexto Informe de Percepción sobre Calidad de Vida*. Lima, Perú.
- LINARES C. Y DÍAZ J. (2008). *Las PM_{2.5} y su Afección a la Salud. El caso de la ciudad de Madrid*. *Revista Ecologista*; 58. Madrid, España.
- LINDAU L., HIDALGO D. y FACCHINI D. (2010). *Curitiba, The Cradle of Bus Rapid Transit*.
- LUSSICH OBES, M. (2005). *Análisis Coste-Beneficio de implantar el tranvía en el Tramo Central de la Avenida Diagonal entre Plaza Francesc Macià y Plaza de Glòries*. Barcelona, España.
- MARA PRESTES, O. (2014). *RIT – Red Integrada de Transporte*. Curitiba Brasil.

- MASSACHUSETTS BAY TRANSPORTATION AUTHORITY – MBTA (2014). *Ridership and Service Statistics. Fourteenth Edition 2014*.
- MASSACHUSETTS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – MASSDOT (2015). *State of the System Report: Rapid Transit*. Boston, Massachusetts. Estados Unidos.
- _____ (2015). *General Manager Monthly Report. March 2015*. Boston, Massachusetts. Estados Unidos.
- MEIRELLES, A. (2000). *A Review of Bus Priority System in Brazil: From Bus Lanes to Busway Transit*. Brisbane, Australia
- MIRALLES, C. Y GUASCH A. (2000). *Movilidad Sostenible: Innovaciones Conceptuales y Estado De La Cuestión*. Barcelona, España.
- _____ (2002). *Ciudad y Transporte: El Binomio Imperfecto*. Barcelona, España.
- MORRISON, A. (2004). *The Tramways of Peru*. Lima, Perú
<http://www.tramz.com.pe/li/li00.html>
- MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA – MML (2008). *Estudio de Impacto Ambiental Complementado por el Consorcio A.C.I – Vera y Moreno*.
- _____ (2014). *Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano – PLAM, Lima y Callao, 2035*. Lima, Perú.
- OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC (2011). *Guía Práctica para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2014). *Guías de Calidad del Aire de la OMS Relativas al Material Particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno y el Dióxido de Azufre*.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS. ONU - HÁBITAT (2010). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe*. Rio de Janeiro, Brasil.
- RICHARDSON, B. (2005). *Sustainable Transport: Analysis Frameworks*.
- RIOS VILLACORTA, A. (2012). *El Tranvía: La Alternativa al Transporte Urbano en Lima*. ESAN Business School. Lima, Perú.
<http://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2012/05/02/tranvia-transporte-urbano-Lima/>
- ROSELAND, M. (2005). *Toward Sustainable Communities: Resources for Citizens and their Governments*. Revised Edition. Canadá.
- STEER DAVIES GLEAVE (2003). *Estimation of Private Vehicle Trips Replaced By Transmilenio: Phase II Report, SDG: Bogotá*.
- STIGLICH, M. (2012). *Special Regulatory Zones and the Re – Configuration of Planning in Lima*. Master Thesis in City Planning. California: University of Berkeley.
- SYNDICAT MIXTE DES TRANSPORTS POUR LE RHONE ET L' AGGLOMÉRATION LYONNAISE – SYTRAL (2015). *Enquete Déplacements 2015 de l'aire Métropolitaine Lyonnaise*. Lyon, Francia.
- SWEDISH NATIONAL ROAD AND TRANSPORT RESEARCH INSTITUTE - VTI (2002). *Making Tracks – Light Rail in England and France*.

THE TRANSPORT POLITIC AND YONAH FREEMARK (2010). *Ottawa. Closer than ever to Replacing Bus Rapid Transit with Light Rail*.
<http://www.thetransportpolitic.com/2010/05/17/ottawa-closer-than-ever-to-replacing-bus-rapid-transit-with-light-rail/>

TORONTO TRANSIT COMMISSION (2001). *Rapid Transit Expansion Study*.

_____ (2015). *Meet Your New Ride*.
https://web.archive.org/web/20150112215433/https://www.ttc.ca/About_the_TTC/Projects/New_Vehicles/New_Streetcars/Meet_Your_New_Ride/index.jsp

TRANITEMOS (2013). *Propuesta. Hoja de Ruta para una Movilidad y un Transporte Sostenibles en Lima y Callao al 2025*.

TRANSPORT AND HOUSING BUREAU – THB (2016). *Operating Statistics by Public Transport Operator*. March 2016.

TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM – TRCP (2003). *Bus Rapid Transit – Report 90*. Washington D.C., Estados Unidos.

_____ (2007). *Bus Rapid Transit Practitioner's Guide – Report 118*. Washington D.C., Estados Unidos.

_____ (2012). *Track Design Handbook for Light Rail Transit*. Washington D.C., Estados Unidos.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD – TRB (2000). *This is Light Rail Transit. Eight National Conference on Light Rail Transit in Dallas, Texas*.

_____ (2003). *Experience, Economics & Evolution – From Starter Lines to Growing Systems. 9th National Light Rail Transit Conference*. Portland, Oregon. Estados Unidos.

_____ (2005). *Integrating Sustainability into the Transportation Planning Process*. Washington D.C., Estados Unidos.

UBIRATAN TEIXEIRA DE ALMEIDA, C. (2014). *La Movilidad Urbana en Curitiba*.

UITP. ADVANCING PUBLIC TRANSPORT (2015). *Light Rail in Figures. Statistics Brief*. Nueva York, Estados Unidos.

ZHENG, L., HENSHER, D. (2013). *Crowding in Public Transport: A Review of Objective and Subjective Measures*. The University of Sydney.

Capítulo 9: **ANEXOS**

Entrevista Gustavo Guerra García Picasso – Ex Presidente Directorio de Protransporte

1. **A.J:** *¿Cuál es su opinión respecto a la situación actual del transporte público de Lima?
¿Qué se debe mejorar en el corto y largo plazo?*

G.G: Un poco más de un millón de usuarios se encuentran bajo un servicio promedio, es decir, metro elevado, troncal y alimentadores del Metropolitano y finalmente los corredores complementarios 02 y 03, mientras que un poco más de 12 millones de usuarios se encuentran bajo un servicio de transporte muy precario, es decir, la cobertura de transporte resuelta hasta el día de hoy es muy pequeña. Existe un sistema de recaudo manual en el transporte tradicional, sistema electrónico para la línea y otro sistema de recaudo en el Metropolitano (todas ellas no están integradas) y la gestión del tránsito es muy precaria, haciendo difícil hacer una reforma del transporte. Lo que falta es una planificación armoniosa entre el ministerio (transportes) con la municipalidad de Lima, integrar el sistema del tren con buses del Metropolitano y terminar las reformas de los demás segmentos de rutas.

2. *Sudamérica, en comparación al resto del mundo, ha vivido en los últimos años un auge en la adopción del sistema BRT en sus ciudades debido al bajo coste en su construcción ¿Cuál es su opinión respecto al desempeño del sistema BRT en Lima?*

Fue un sistema bien pensado, respaldado por el BM, y fue un salto cualitativo de la ciudad muy importante porque además generó el efecto demostración con choferes en planilla, operando bajo un esquema de control vertical de operaciones, con programación de viajes, cumpliendo como BRT. Sin embargo, la implementación no se hizo correctamente debido a que no hubo una reestructuración de las rutas adyacentes (buses tradicionales), no se racionalizaron las rutas en zonas sustantivas de la ciudad, generando un forado de usuarios en el inicio de las operaciones, el cual inició con un promedio de 220 mil usuarios de demanda cuando se proyectaban 713 mil.

- *Sin embargo, el sistema BRT tiene actualmente un problema de aglomeración de usuarios, en el supuesto caso que se hubiera implementado correctamente el sistema y por ende hubiera tenido más usuarios, ¿Ud. cree que el BRT hubiera respondido a esta mayor demanda?*

El metropolitano todavía puede manejar más pasajeros expandiendo la flota. Si el Metropolitano hubiera arrancado con 713 mil usuarios, probablemente hoy estaría movilizand o a más de un millón de usuarios (ruta troncal), activando el trigger (clausula) de expansión de flota, sin embargo de sobrepasar este millón de usuarios, ni con bi-articulados y con un manejo eficiente del sistema evitaría el reemplazo del sistema. Como la ruta del Metropolitano es la más densa de la ciudad, en realidad perfilaba la implementación de un metro. El metropolitano aún puede ser mejor gerenciado, pero en cinco años, el sistema, a pesar de las diversas implementaciones, requeriría de un cambio.

- *Según LCV, el número de usuarios habría bajado en el último año...*

Digamos que la demanda ya no crece, y eso va a ocurrir si la flota no aumenta (...) Es que pierdes tanto tiempo en las colas, que ese tiempo que pierdes en ellos compensa el tiempo que ahorras circulando en la troncal. Para ello, en los dos próximos años se debería de ampliar la flota bajo las mismas características y luego cambiar a bi-articulados, de esta única manera se llegaría al millón 200 mil pasajeros. Por lo que se tendría que plantear la línea 03 (metro), no por la Av. Arequipa, sino por el eje del Metropolitano.

- *Sin embargo, con la implementación de buses bi-articulados y mejora en la gestión para tener una mayor demanda, las ciudades como Curitiba, Bogotá y Ottawa (que ya cuentan con estas implementaciones), sufren de aglomeración, donde en Bogotá se estudia la idea de la implementación de un metro, en Curitiba el reemplazo del sistema BRT por un LRT y en Ottawa la implementación del LRT en las zonas con más usuarios. ¿cuál es su opinión respecto a estos sucesos?*

Estoy de acuerdo que en Bogotá, con 45 mil pasajeros por hora y sentido, tiene un perfil de metro. En el caso de Lima, yo lo que pienso es que el BRT debe de seguir un poco más, quizás un tren ligero hubiera sido una buena opción, al inicio, sin embargo, tampoco creo que sea conveniente la aplicación de ese sistema en ese eje (debido a la demanda). Los corredores complementarios son como el siguiente nivel en Lima, cuyas demandas fluctúan entre 8 y 20 mil pasajeros y que podrían ir subiendo. Y es que en Lima hemos quedado que todo sea Metro. Los corredores que tendrían un perfil de LRT o BRT, en el plan del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), todos son Metro, lo cual para mí, me parece un error. Entonces yo sí creo que valdría la pena dejar de hacer estudios de pre-inversión como única alternativa Metro y empezar a estudiar el Metro vs los sistemas LRT vs BRT. Eso tiene sentido en Lima porque la demanda de los otros corredores, digamos que están entre 15 mil y 30 mil pasajeros por hora por sentido y que por lo tanto están en esa área dudosa que tienen más perfil de LRT vs BRT. Salvo la línea 03, las demás están para que se evalúe un sistema LRT vs BRT que tienen más perfil para ellos que un enfoque de metro a ciegas. Técnicamente deberíamos seguir tu consejo y evaluar con cuidado si conviene BRT o Tren Ligero.